

季刊

# 消防防災の科学

春  
2022

特集

## 火山噴火災害に備える(その1)

### ■ 連載講座

気象情報を生かそう(第5回)

河川を指定した特別の洪水予報… 気象予報士(元気象庁) 饒村 曜

### ■ 防災・減災への取り組み事例

雲仙岳災害記念館(がまだすドーム)のリニューアル

雲仙岳災害記念館 館長 杉本 伸一

148

一般財団法人 消防防災科学センター

この季刊誌は、宝くじの社会貢献広報事業として助成を受け作成されたものです。



# 宝くじは、みんなの暮らしに役立っています。



移動採血車



ユニバーサルデザイン施設  
ピクニックテーブル



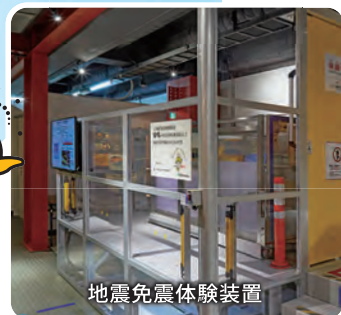
一輪車



宝くじ桜



こどもの国 ふれあい学び館



地震免震体験装置



星空観察映像展示施設



ドリームジャンボ絵本



消防団防災学習・災害活動車両



テント



総合検診車



フラワープランター

宝くじは、図書館や動物園、学校や公園の整備をはじめ、災害に強い街づくりまで、みんなの暮らしに役立っています。



一般財団法人日本宝くじ協会は、宝くじに関する調査研究や公益法人等が行う社会に貢献する事業への助成を行っています。



一般財団法人

日本宝くじ協会

<https://jla-takarakuji.or.jp/>



## 実火災体験型訓練（危険物火災）の状況



総務省消防庁消防大学校：消防大学校において実施された「実火災体験型訓練」  
(2022年 1 月20日撮影)

# 消防防災の科学

No.148 2022. 春

## 巻頭随想

新たな時代の消防の課題

国士舘大学防災・救急救助総合研究所 教授 山崎 登 2

## 特集 火山噴火災害に備える（その1）

- 我が国の火山活動の状況、噴火の予測  
国立研究開発法人 防災科学技術研究所火山研究推進センター長 中田 節也 5
- 火山噴火がもたらす気候への影響  
東北大学大学院理学研究科・教授／JAXA 地球観測研究センター・参与 早坂 忠裕 10
- 最近の九州地方の火山活動と噴火災害  
～桜島の噴火活動等を中心として～  
京都大学防災研究所火山活動研究センター 教授 井口 正人 15
- GIS を活用した降灰リスク予測と降灰リアルタイムハザードマップ  
鹿児島大学地震火山地域防災センター 特任研究員 中谷 剛 20
- 噴火警戒レベルの運用とレベル4のキーワード変更について  
気象庁地震火山部火山監視課 31

## ■地域防災実戦ノウハウ（111）

ーキキクル中心の大雨対応型実戦的イメージトレーニングー

Blog 防災・危機管理トレーニング 日野 宗門 35

## 火災原因調査シリーズ（105）

大規模遊技場のバランススクーターからの出火事案について

京都市消防局予防部予防課 40

## ■予防レポート

予防技術資格者の育成について

消防防災科学センター消防支援室 47

## ■連載講座

気象情報を生かそう（第5回）

河川を指定した特別の洪水予報 ..... 気象予報士（元気象庁） 饒村 曜 57

## ■防災・減災への取り組み事例

雲仙岳災害記念館（がまだすドーム）のリニューアルについて

雲仙岳災害記念館館長 杉本 伸一 61

編集後記

## カラーグラビア

実火災体験型訓練（危険物火災）の状況

## 新たな時代の消防の課題

国士舘大学防災・救急救助総合研究所 教授 山 崎 登

### 《はじめに》

最近の災害や火災取材していると、従来の対策では被害を防ぐことが難しいのではないかとと思われるものがある。問題が複雑で一つの省庁や機関で対応できる範囲を超えた課題が浮かび上がっているからだ。災害や火災の被害が常に社会の弱点や従来の対策の盲点をつくように発生することを考えると、対策もまた社会の変化に合わせて考え方を変えていかなくてはならない。この稿では最近の2つの問題を取り上げて、そうした時代に消防が果たすべき役割について考えたい。

### 《増える災害関連死と対策》

今年の3月11日で東日本大震災から11年になった。東日本大震災では1万9747人が死亡し、2556人が行方不明になっているが（消防庁161報）、復興庁によると2021年（令和3年）9月30日現在で、災害関連死は3784人にのぼっている。「災害関連死」は地震や津波などの災害で住宅が壊れたり、津波にのみこまれたりして亡くなる「直接死」とは別に、災害後のストレスや疲労、持病の悪化などによって亡くなる人のことをさす。

最近の災害では関連死が増える傾向にあるが、その背景には急速な社会の高齢化がある。内閣府が発表した熊本地震の関連死の事例によると「避難中の車内で74歳女性が、疲労による心疾患で死

亡」「83歳女性が慣れない避難生活から肺炎状態となり、入院先の病院で死亡」「88歳男性が地震による栄養障害及び持病の悪化等により死亡」などとなっている。こうしたデータをみると、福祉や介護のサービスを受けて日々の生活を成り立たせている高齢者が劣悪な生活環境の避難所などで体調を悪化させてしまうケースを容易に想像することができる。

関連死は災害の直接的な被害では助かった人だ。それがその後の避難生活の中で次々に亡くなっているのは本当に悔しい。過去の被災地の取材で避難所から救急車で運ばれていった高齢者の姿を見たことがあるが、関連死を防ぐためには防災と医療、介護、福祉といった分野との密接な連携が不可欠だ。

たとえば去年の10月1日に救急救命士法が改正され、これまで救急車の中だけに限られていた救急救命士の救急救命処置が医療機関の中でも実施することができるようになった。この考え方をさらに進めて大きな災害直後の被災地での活動まで広げ、救命士が関連死対策に取り組むことができるのではないだろうか。救命士は他の医療職に比べて、重症度や緊急度の判断、患者の観察、病院判定や搬送といった能力が優れているとされるが、この能力はまさに災害直後の被災地で関連死を防ぐために役立つ。消防には災害発生から間もない時期の被災地での救急搬送の事例を分析して、避難所での生活のあり方や防災と医療や介護、福祉

との連携の仕方を展望して欲しい。消防庁と厚生労働省には災害直後の被災地に全国から駆け付ける医療チーム（DMAT）によるメディカルコントロール体制を整備するなどして、救命士による関連死対策を考えて欲しいと思う。

## 《大阪市北区で発生したビル火災》

2つ目に取り上げたいのは最近の火災の被害だ。去年の12月17日の午前10時20分頃、大阪市北区にある8階建ての複合用途の雑居ビルの4階にあった心療内科のクリニックから火災が発生し、25人が死亡し、3人がけがをした（消防庁最終報）。警察はこのクリニックに通っていた61歳の男性が火をつけたとみて捜査していたが、この男性も30日になって死亡した。

消防庁やニュースで伝えられた情報をまとめると、火災が起きた日、クリニックではうつ病やストレスなどで求職中の人などが職場復帰を目指す「リワークプログラム」が行われることになっていた。そこに突然男性が現れて、入り口近くの待合室にガソリンをまき、ライターで火をつけた。その後男性は入り口近くに立ちふさがったということで、患者やスタッフは部屋の奥に逃げるしかなかった。しかし外につながる階段は入り口付近の一か所しかなかった。このため炎と煙が広がる中、逃げ道をなくした人たちは煙を吸って一酸化炭素中毒になって亡くなったとみられている。

この火災で犠牲者が多くなったのは1方向しか避難できない建物の構造だったことが大きい。もし入り口の階段とは別の階段が部屋の奥にあったり、壁にドアがあって外に非常階段があるような構造だったら助かった人がいたとみられるからだ。

## 《消防の取り組みだけでは防げない》

防火対策は大きな火災が起きるたびに制度が整えられてきた。1972年（昭和47年）の大阪千日デ

パートビルの火災を受けて、建築基準法で1974年（昭和49年）に原則として6階建て以上のビルには階段を2つ設置することが定められた。大阪北区のビルは8階建てだったが、1970年（昭和45年）に建設されたことから該当しない。建築基準法は過去にさかのぼって適用されることはないため、いわゆる「既存不適格」で違法ではない。

しかし1方向しか避難できない雑居ビルの危険性は、これまでもたびたび指摘されてきた。2001年（平成13年）に44人が亡くなった新宿・歌舞伎町の雑居ビルも、“ペンシルビル”と呼ばれる狭い敷地に建てられた地下2階、地上4階建ての縦に細長い雑居ビルで階段は一か所しかなかった。歌舞伎町の雑居ビルでは防火扉の前に荷物が置かれたり、火災報知設備の電源が切られたりといった消防法違反が複数指摘されたが、大阪北区のビルでは消火器、自動火災報知器、誘導灯など消防設備の設置に不備はなかっただけに問題は深刻だ。

今回注目されたのは放火で、明確な悪意を持った放火の被害を防ぐのは難しい。しかし消防白書を見ると、全火災の出火原因に占める放火の割合は多い。2018年（平成30年）中の出火件数は3万7981件にのぼるが、そのうち「放火」は2784件、これに「放火の疑い」の1977件を合わせると4761件となって全体の12.5%にもなる。

2019年（令和元年）7月に36人が亡くなった京都アニメーションの火災もガソリンを撒いた放火が原因だった。この火災を受けて、消防庁はガソリンスタンドに対し、ガソリンを販売する際には本人確認と使用目的の確認などを義務付けた。しかし繰り返される放火の被害をみると、こうした消防だけの対策では防ぎきれないことは明らかだ。

求められるのは、1方向しか避難できない既存不適格の雑居ビルなどに2方向の避難路の確保を進めることだ。消防は火災現場からみえた教訓を建物の構造を所管する国土交通省と共有し、既存不適格の雑居ビルなどに構造面から、防火対策を考えるべきだと思う。

こうした取り組みに前例がないわけではない。阪神・淡路大震災以降、現在の耐震基準を満たしていない既存不適格の住宅などに、自治体が耐震診断や耐震補強の費用を補助して耐震化を進めている。同じように1方向しか避難路がない既存不適格の雑居ビルなどに対しても支援制度を作って2方向避難の確保を進める必要があると思う。

## 《新たな視点から防災や防火を考える時代》

最近の災害と火災から新たな時代の消防の役割を考えてきた。消防は災害時の救急搬送や最近の火災の被害の状況を分析することでみえてきた課題や教訓を他の省庁や機関と共有して、新たな対策の道筋を見出して欲しい。それが従来の枠組みや手法では被害を防ぎきれない課題が目立ち始めた時代の消防の重要な役割だと思う。



## □我が国の火山活動の状況、噴火の予測

国立研究開発法人 防災科学技術研究所火山研究推進センター長

中 田 節 也

### 1. 我が国の火山活動状況

日本においては、海域を初め、最近では活発な状態が続いているような印象を持つかもしれない。例えば、西之島が2013年から噴火活動を開始し、2020年頃まで活発な活動を続けた。2021年8月には東京から1300kmも南の福徳岡ノ場で海底火山が噴火し、一旦、軽石からなる島が形成されたが数ヶ月後には海没した。この噴火によって放出された大量の軽石が、海流に乗って東に1000km以上も離れた南西諸島に漂着し、さらに黒潮に乗って本州南海岸にまで漂着した。また、同じく小笠原海域にある硫黄島は、ここ数十年間は平均して年間約1mの隆起をし続け、海岸線が海側に張り出すとともに海岸域では水蒸気噴火が頻繁に繰り返されている。他方、南西諸島においても、口永良部島や諏訪ノ瀬島では活発な噴火活動が起こっている。口永良部島では2014年噴火の後に、全島民の避難が一時行われた。また、諏訪ノ瀬島は毎年のように噴火を繰り返し、桜島と並んで最も活発な火山の一つである。九州では、桜島はしばしば小噴火を頻繁に繰り返しており、阿蘇山でも数年毎に小噴火を繰り返している。霧島山の新燃岳でも2011年や2018年に中噴火を起こした。このようなマグマ噴火に加え、規模の小さい水蒸気噴火でありながら、2014年の御嶽山や2018年の本白根山の噴火では犠牲者が出た。

しかし、近年の日本の噴火活動は特に活発化してはいる訳ではない。大地震が噴火を誘発した事例が、300年前の宝永地震と富士山宝永噴火のように、稀ではあるもののいくつか知られている。そのため、2011年の東北地方太平洋沖地震の後に日本における噴火活動が活発化する可能性が指摘された。しかし、図1を見る限り、東北地震の後に噴火した火山の数に顕著な変化があったわけではない。

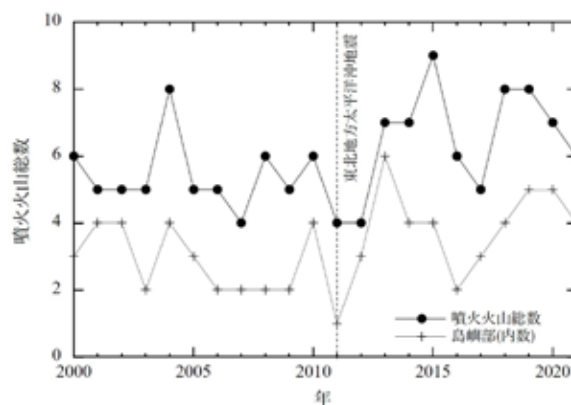


図1 日本における年毎の噴火火山数。  
気象庁の「年間の日本の主な火山活動」から作成。

### 2. 噴火の頻度

噴火は必ずしもランダムで起こるわけではなくある程度の規則性が認められる。大きな噴火ほど発生頻度が少なく、逆に小さな噴火ほど数多く起こる。噴火の規模には、地震のマグニチュード



のように、火山爆発指数（VEI）という尺度がある。これは爆発的噴火の噴出物量で表される。噴火エネルギーのほとんどが熱エネルギーで占められ、噴出量が大きいほど熱エネルギーが大きく噴煙が高くなる。火山灰や火砕流堆積物など、爆発的噴火によって放出された噴出物の量（ $m^3$ ）を常用対数で表し、それから4を減じた値がVEIとなり、整数で表される。火山学的には、VEI 1以下が小噴火、VEI 2～3が中噴火、VEI 4が大噴火、VEI 5以上になると巨大噴火と呼ばれる。御嶽山の2014年噴火はVEI 2、昨年の福岡ノ場の噴火はVEI 4、さらに、約300年前の富士山宝永噴火はVEI 5である。

図2には、日本とインドネシアの火山噴火の内、中噴火以上のものの発生年代を示している。日本もインドネシアも海側のプレートが沈み込んで火山活動が起きると同じマグマ発生仕組みである。インドネシアではカルデラを作った噴火（VEI 6以上）を含んで巨大噴火が比較的最近でも起きているが、日本での巨大噴火は、1923年の西表島北北東の海底火山噴火を除くと、富士山や樽前山の噴火から300年前から起こっていない。また、大噴火は、国後島の<sup>ちやちや</sup>爺爺岳を除けば、福岡ノ場で昨年約100年ぶりに発生したことが分かる。

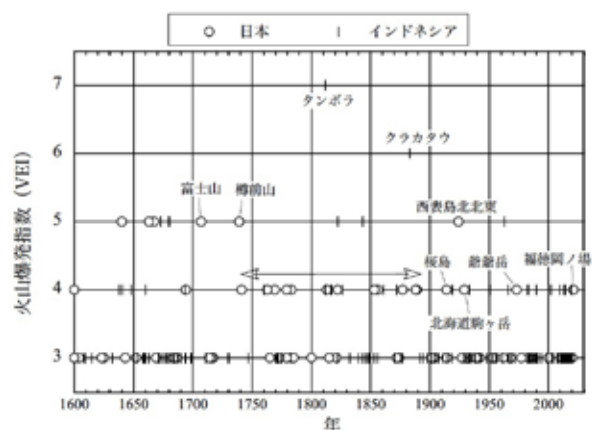


図2 17世紀以降の日本とインドネシアの中～巨大噴火の発生頻度。

米国スミソニアン<sup>1)</sup>のGlobal Volcanism Program データベース<sup>1)</sup>を参照。

### 3. 火山噴火の種類と被害

火山噴火現象には、火山灰・火山岩塊の放出と降下、火砕流、溶岩流、火山性泥流、山体崩壊と地滑り（岩屑なだれ）に加えて、噴火に前後して地震活動や地殻変動、噴気活動（火山ガス放出）がある。これらの全ての現象がそれぞれ火山災害を引き起こす可能性があり、特に、火砕流、泥流、岩屑なだれ、さらには火山性津波（後述）などの「速い流れ」を伴う現象でこれまでに多くの人々が犠牲になっている。火砕流は、火山灰と火山ガスの混合体である「灰雲」が高速で斜面を流れ下る現象で、高温とその運動エネルギーにより、流路にある障害物を薙ぎ倒し破壊する。カルデラ噴火に伴った火砕流は100km以上の距離を流れたことが知られている。また、泥流であっても100km近く流れたのが知られている。一方、最も広範囲に影響を及ぼすのが火山灰の降下（降灰）である。300年前の富士山宝永噴火では、江戸に数cmの降灰があったことから、同様の規模の噴火による首都圏への影響に関して、中央防災会議の「大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ」では可能性のある被害について取りまとめている<sup>2)</sup>。

火山災害はしばしば連動し、複合災害となる。例えば、堆積間もない火山灰層は浸透率が低いために、小雨でも火山泥流を発生する。また、積雪時の噴火では融雪型の泥流が発生する。類似の例としては、1985年に南米コロンビアのルイス山の噴火で山頂氷河が溶け泥流が発生、80キロ以上の離れた麓街で25,000人も亡くなった。山体崩壊による岩屑なだれが海に入り込んで火山性津波を引き起こすこともある。1792年の雲仙岳では、噴火直後の地震によって眉山が崩壊し、その土砂（岩屑なだれ）が有明海に突入して津波を引き起こした。この津波によって対岸の熊本と島原半島の沿岸で計15,000人も犠牲になった。これは日本の最大の火山災害である（図3）。

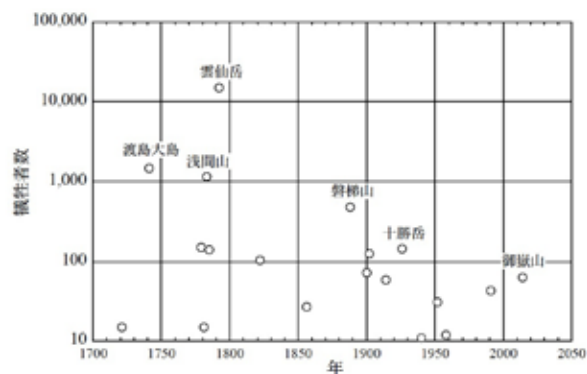


図3 18世紀以降の日本の主な火山災害。  
気象庁 HP「過去に発生した火山災害」から作成。

図3では、1741年の渡島大島の山体崩壊によって発生した火山性津波、1792年の雲仙岳で発生した火山性津波（前出）、1783年の浅間山の岩屑なだれとそれが由来する江戸川の洪水、さらには、磐梯山の岩屑なだれによる犠牲者などと18,19世紀に犠牲者多いことが分かる。火山災害による犠牲者が最近少なくなったのは火山監視が行われるようになったせいもあるが、図2からも分かるように VEI 4 程度の規模の大きい噴火（図中、両矢印）に伴って、流れ現象に伴う大噴火が起こり

続けたことがその理由の一つとしてあげられる。

#### 4. マグマと噴火

太平洋やフィリピン海などの海洋プレートが、日本列島（大陸プレート）にぶつかり、さらにその下に沈み込む場所では、海洋プレート上面から絞り出された水が直上のマントルに付加されるためにマントルの融点が部分的に低下し溶け始め、マグマが形成される。その深さがちょうど火山直下にあたる。マグマは周囲のマントルより軽いため上昇し、密度が急変する地殻の底部や、地殻中でマグマと同じ密度になる深さに溜まりマグマ溜まりを作る（図4）。そこで、周囲の地殻物質と反応しながら、結晶作用を繰り返すことによりマグマは変化し、ついには、溜まりから押し出されて地上に向かって移動し噴火に至る。

噴火には、マグマが直接飛び出す「マグマ噴火」と、地下水がマグマの熱で加熱膨張して起きる「水蒸気噴火」とがある。これらの間のものを「マグマ水蒸気噴火」と呼ぶ。噴火の原因は、(1) マグ

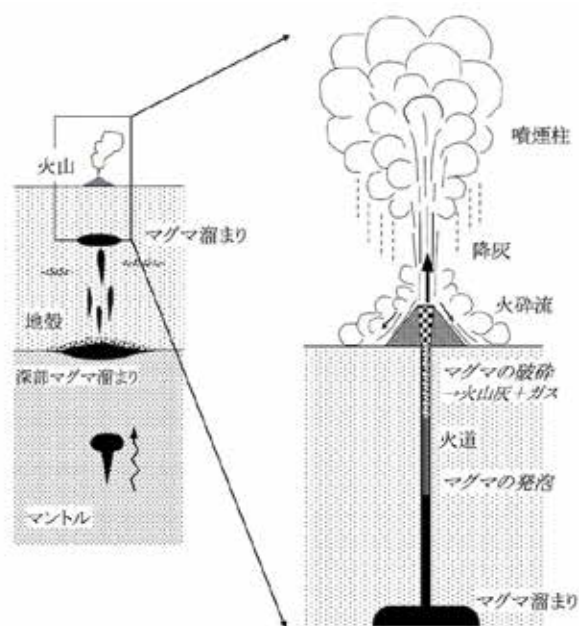


図4 マグマの移動と噴火を示す地球浅部の断面図。  
左はマントルから上昇したマグマの地殻中での集積を、右はマグマ溜まりから移動するマグマの噴火例を示している。

マが泡立って膨張、(2)下からマグマが注入して体積増加、あるいは、(3)地下水が加熱し水蒸気となり膨張することによって、マグマや水蒸気が容れ物を破壊して脱出し地表に向かうことである。

マグマ中に含まれる水などの揮発性成分が体積増加に重要な役割を果たす。すなわち、揮発性成分が圧力減少、加熱、あるいは結晶化の進行によってマグマ中に溶け込んでおられなくなり泡立ち（発泡）始める。マグマ溜まりを一旦脱出したマグマは減圧によって、さらに発泡して膨らみ（軽くなって）加速して地表へ向かう。発泡を続けるマグマ中では泡どうしが連結し、泡の隔壁が消えてマグマが細かくなり（破碎し）、火山灰と火山ガスの混合物となる。この混合物は高い圧力を保ったまま空気鉄砲のように火口から脱出する（図4）。

地表へ向かって火道を上昇中の泡立つマグマから火山ガスが外に抜け出す（脱ガスする）ことができれば噴火は穏やかなものになる。溶岩流や溶岩ドームがその例である。すなわち、マグマの上昇速度と脱ガス速度のしのぎあいによって、爆発的な噴火か穏やかな噴火かが決まる。

数百 m の深さの浅海や湖底にマグマが噴出した場合にはマグマと水の反応によって激しい爆発を伴うことがある。すなわち、水と接触して冷え固まったマグマの表面に水蒸気膜が形成され、地震などが引き金となってマグマが破碎されると、水との接触面が急激に増加し水蒸気の急膨張が発生し激しい爆発につながると考えられている。2022年1月15日に南太平洋トンガで発生した海底噴火は、このようなメカニズムで発生したもので、噴煙柱が成層圏まで急速に成長拡大し、それに伴って発生した強い大気振動が地球を何度も周回したと考えられている。

## 5. 噴火の予測

地震や気象現象などの自然災害に比べて、火山

噴火は発生頻度が極めて少ないが、その前兆から噴火終息までが長く、数週間から数ヶ月、場合によっては数年間続く。そのため、噴火の前兆や進行度合いは他の自然現象に比べて捉えられやすい。噴火の場所やおおよその時期については、異常のシグナルを見落とさなければ、ある程度予測できるようになっているが、噴火の規模や開始後の推移、および終息についての予測はまだ困難である。

噴火に伴って地下から、高温で一定量の塊のマグマが上昇すると、新たに割って入って火道を作ったり、すでに火道を埋めている古い物質を押し退けなければならないので、地震が発生したり周囲の物質に変形が生じる。また、そこでは温度と密度が違う物質と入れ替わるために重力や熱、電気的性質に変化が生じる。さらに、先に述べたように、マグマの上昇に伴ってマグマから火山ガスが放出され、周囲や地表に向かって移動するため、発生する地震や帯水層、さらには、地表噴気に変化が生じる。これらはマグマの地表接近に伴って生じるので、それを捉えて噴火の切迫度を知ることができる。

このような異常とその変化は、地震、地殻変動（GNSS、傾斜、歪）、重力、電気磁場、温度、水位、ガス濃度などの観測で捉えることができる。また、噴火開始後にはこれらに加え、空振観測や監視カメラなど、さらには噴出物の衛星や航空機からの地形、色、熱の観測、さらには地上踏査や採取試料の分析も加わり、噴火の推移をモニターすることができる。日本では、噴火開始やその推移を予測する研究がここ約50年間行われてきた。それらの研究成果を使って、気象庁などの防災機関が大学などの研究機関と一緒に観測体制を整え、火山監視を実施している。

## 6. 噴火の監視

概ね過去1万以内に噴火した火山および、現在、活発な噴気活動がある火山を「活火山」としてお

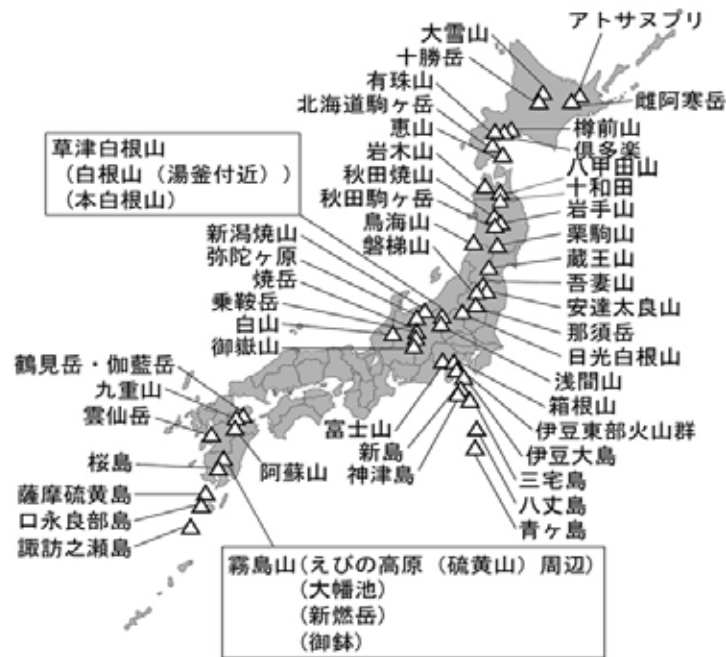


図5 気象庁の常時観測火山の分布。

気象庁ホームページによる。

り、日本には111火山が存在する。これらは火山学的な背景に基づき、当該自治体と調整した上で活火山としての認定を、気象庁長官の諮問機関である火山噴火予知連絡会において行う。これらの活火山の中で、近年噴火活動を繰り返しているもの、過去約100年以内に噴火の高まりが見られたもの、突発的な小噴火によって火口周辺に大きな被害が生じる可能性があるものなど約50を、火山噴火予知連絡会が「火山防災のために監視・観測体制の充実などの必要がある火山」として選出し、気象庁の常時観測火山としている。そこでは、地震、傾斜計、空振計、GNSS 観測装置、監視カメラなどの観測施設がされ、既設の大学などの観測点も活用し、気象庁が24時間体制で常時監視を行っている。例えば、監視カメラ画像は以下で閲覧することができる。(https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/volcam/volcam.php)

また、常時観測火山のほとんどにおいては、気象庁による噴火警戒レベルが導入されており(図

5)、それらの現在のレベルを HP で確認することができる (https://www.jma.go.jp/bosai/map.html#6/36.271/147.535/&contents=volcano)。さらに、それぞれの火山には、周囲の自治体関係者や国の防災機関や火山専門家が加わった火山防災協議会が設置され、複数の噴火シナリオと火山ハザードマップを作成し、噴火警戒レベルに対応した避難計画の策定、およびそれに基づいた訓練や住民周知が行なわれている。

#### <文献>

- [1] Global Volcanism Program (2022) 噴火のデータベース。  
https://volcano.si.edu/search\_eruption.cfm
- [2] 中央防災会議 (2020) 大規模噴火時の広域降灰対策について一首都圏における降灰の影響と対策。～富士山噴火をモデルケースに～(報告)。防災対策実行会議大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ、2020年4月、  
https://www.bousai.go.jp/kazan/kouikikouhaiworking/pdf/syutohonbun.pdf



## □火山噴火がもたらす気候への影響

東北大学大学院理学研究科・教授／JAXA 地球観測研究センター・参与

早 坂 忠 裕

### 1. はじめに

今年(2022年)1月15日に南太平洋、トンガ王国のフンガトンガ・フンガハーパイ火山が噴火した。海底火山の噴火で規模も比較的大きく、人工衛星の観測によれば噴煙は高度約30kmの成層圏まで到達したことが確認されている。また、今回の噴火によって今までとは違うメカニズムの“津波”が発生し、日本各地においても潮位の変化が観測されたことは記憶に新しいところである。

火山噴火は噴石、火砕流、火山泥流、溶岩流などにより近傍の地域や住民に大きな被害をもたらす。一方で、大規模な火山噴火によって気候が影響を受けることも昔から指摘されている。これは、火山噴火によって成層圏のエアロゾル(大気中の浮遊微粒子)が増加し、太陽放射を遮るために地表面に到達する日射量が減少することに起因する。古くは1815年のインドネシア・タンボラ火山の例が有名である。この時には噴火の翌年に北米や欧州で記録的な冷夏となり、「夏のない年」と言われた<sup>1)</sup>。その結果、農作物に大きな被害が出たことも知られている。また最近では、1991年6月に噴火したフィリピンのピナツボ火山の噴火の影響で地表気温が最大で約0.5℃低下した。ちなみに火山噴火は温室効果ガスである二酸化炭素も放出するが、1750年以降の火山噴火起源の二酸化炭素の放出量は同じ時期の人為起源による二酸化炭素

排出量の100分の1以下であり、その気候への影響はほとんどないと考えて良い<sup>2)</sup>。

本稿では、火山噴火とその気候への影響について、歴史的な事例を紹介し、そのメカニズムと複雑な気候影響の実態についてピナツボ火山を例に解説する。

### 2. 火山噴火と気候にまつわる歴史的事例

人間は長い歴史の中で、火山噴火によって日射量が減少し、気温の低下につながることを経験的に知っていたと思われる。南極やグリーンランドの氷床コアには硫酸塩濃度が異常に高い年の記録があり、気温変化を反映する木の年輪などとも照らし合わせた結果、大きな火山噴火が過去に何度もあり、気候へ何らかの影響があったことが推定されている。

その因果関係について、古くは1784年のB. フランクリンによる考察がある<sup>1)</sup>。それによると、「1783年の夏から数ヶ月にわたって、ヨーロッパや北アメリカの大部分はずっと濃い霧に覆われていた。この霧は乾燥していて太陽の輝きもこれを消散させることはできない。この霧のために太陽の光は弱められ、夏の間に地上を熱するという効果は著しく減少させられた。1783年から1784年の冬は、これまでにない厳しい冬になった。その原因は隕石による煙か、あるいは夏の間にアイスラ

ンドのヘクラ火山から大量の噴煙が長い間噴出され続けたか、または、この島の近くの海底火山が噴火し、その噴煙が北半球に拡散したのかもしれない」とのことである。このように、必ずしも火山噴火の影響と特定したわけではないが、理論的には可能性があるということが指摘されている。

その後も火山噴火が全球規模で気候に影響を及ぼした例として、いずれもインドネシアで噴火した、1815年のタンボラ火山、1883年のクラカトア火山、1963年のアグン火山などがある。さらに1982年にはメキシコでエル・チチョン火山が噴火し、1991年のピナツボ火山が続いた。それ以降は全球規模で気候に大きな影響を及ぼすような大噴火は今のところ発生していない。先日のトンガにおける火山噴火も後で述べるように気候に影響することはほとんどないと考えられている。

### 3. タンボラ火山の大噴火と「夏のない年」

近年における最大規模の噴火であり、かつ様々な記録が残っている事例は1815年4月10日から12日にかけて噴火したインドネシアのタンボラ火山である。この噴火によりピナツボ火山より一桁多い $150\text{km}^3$ 以上の噴出物があったと推定されており、約4000mの高さの山頂が2850mになった。噴煙は43kmまで到達し、成層圏に注入された亜硫酸ガスは56Mtと報告されている<sup>3)</sup>。これはピナツボ火山起源の亜硫酸ガスの約3倍の量にあたる。2013年のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）第5次報告書<sup>2)</sup>によれば、タンボラ火山の噴火で全球平均日

射量が最大で3%近く減少したと推定されている。

H. ストンメルとE. ストンメルによる「火山と冷夏のお話」<sup>1)</sup>によると、タンボラ火山の気候変化を通じた欧米への影響が極めて大きなものであったことがわかる。噴火の翌年1816年には、北アメリカ大陸北東部で記録的な冷夏になった。ハーバード大学やエール大学の気象観測データに加えて、新聞記事や日記等でも様々な異常気象が見られたことが記録されている。6月6日から11日にかけて最初の寒波が襲い、ニューイングランド地方北部で吹雪になり、7.5~15cmの積雪が記録された。7月9日にはメイン州ブランズウィックで朝の最低気温が $0.8^{\circ}\text{C}$ を記録し、霜が観測された。さらにバーモント州、コネチカット州、ニューハンプシャー州でも霜が観測された。8月21日にはマサチューセッツ州ボストンでも霜が降りている。このような冷夏の状況により、ニューイングランド地方ではトウモロコシをはじめとする農作物のほとんどが全滅したと伝えられている（図1）。

この年はヨーロッパにおいても冷夏となり、飢

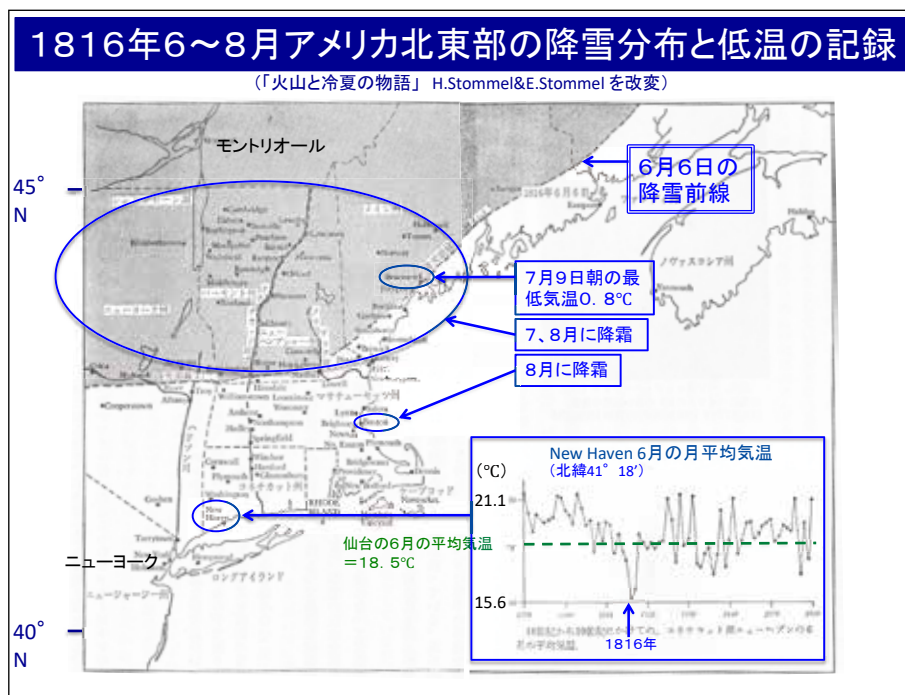


図1 タンボラ火山の噴火によるアメリカ北東部への影響。  
(H. ストンメル、E. ストンメル著「火山と冷夏のお話」中の図を改変)

饑が発生した。ジュネーブでは夏の気温が1753年以降で最低を記録した。ドイツ、オランダ、スイスの新聞記事には「このような季節は人間の知る限りでは初めて」と記録され、トウモロコシ等の穀物が不作になったことなどが伝えられている。翌1817年にはスイスで穀物の価格が3倍に高騰した。フランスでは政治的混乱の中で凶作のため食糧不足となり、群衆が市役所に押し入り穀物を略奪するなど各地で暴動が発生した。

#### 4. 噴火と気候影響をつなぐメカニズム

さて、それでは火山噴火による気候への影響は、どのようなメカニズムによってもたらされるのだろうか。大規模な火山噴火においては噴石などとともに大量の火山灰が噴出され、大きさが数ミクロン以下の火山灰は対流圏上部から成層圏まで達する。ここで、成層圏まで到達するということが重要である。対流圏内では降水により洗い流されてしまい1週間程度で除去される。これに対し

て成層圏まで届いた火山灰は雲や降水が無いために長く滞留する。しかしながら、微粒子とはいえ周りの気圧が地上の10分の1から100分の1で空気が薄いためにいずれは重力で落下し、1～2か月程度で除去される。

一方、火山が噴火すると火山灰に加えて亜硫酸ガスなどの硫黄を含む気体も放出され、これも成層圏まで到達する。成層圏では亜硫酸ガスが酸化されて硫酸の液滴（硫酸エアロゾル）に変化する。このように前駆物質の気体から変化して形成されるエアロゾルを2次生成粒子と呼ぶ。成層圏において亜硫酸ガスから硫酸エアロゾルに変化するには約1～2ヶ月かかり、直径0.1～0.2ミクロン程度のエアロゾルが形成されて滞留する。硫酸粒子は火山灰よりも極めて小さいので、その後1～2年、長い時には数年にわたって滞留することになる（図2）<sup>4)</sup>。硫酸エアロゾルは太陽放射をほとんど吸収せず散乱する効果が強い。したがって、このようなエアロゾルが長期間にわたり滞留すると地表に届く太陽放射（日射）を減少させることに

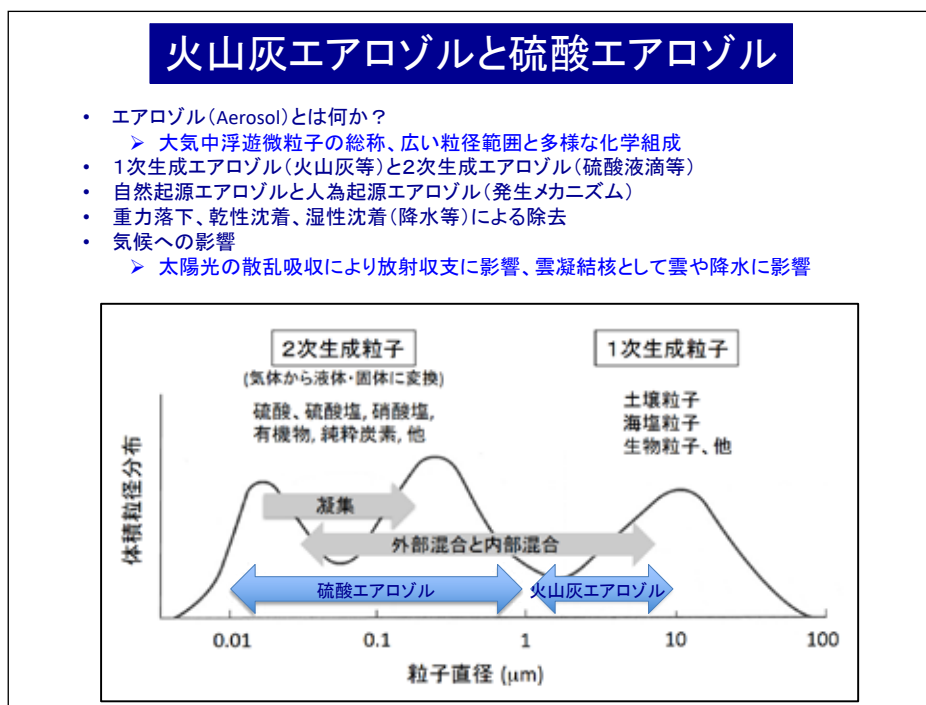


図2 火山灰エアロゾルと硫酸エアロゾル  
固体または液体の粒子の形で大気中に放出され、そのまま滞留するものを1次生成粒子、前駆物質である気体が反応して粒子状の物質に変化したものを2次生成粒子と呼ぶ。

なる。

地球の表層すなわち大気、海洋、陸面のエネルギー源は99.9%以上が太陽放射によるものである。地球全体で平均すると、大気上端に入射した太陽放射は約30%が宇宙空間に反射され、約23%が大気で吸収、残りの約47%が地表面に到達する。これらの値は地球上の地域や季節により変化するので、そのアンバランスを解消すべく、風が吹き、海流が流れ、雲ができて雨が降ることによってエネルギーが輸送される。大きな火山噴火による成層圏のエアロゾルは、この地球表層のエネルギー源である地表に届く太陽放射の値を変化させることになり、その結果、気候を変化させることになるのである。

成層圏の硫酸エアロゾルが気候に及ぼす影響を考える際に、もう一つ注目すべき点がある。それは、成層圏内におけるエアロゾルの輸送である。成層圏においても基本的には対流圏上層と同様に東西方向の風が卓越しており、火山灰エアロゾルや亜硫酸ガス、徐々に生成される硫酸エアロゾルは噴火後2～3週間程度で地球を東西方向に1周する。その後、数ヶ月から1年程度の間にブリュワー・ドブソン循環と呼ばれる成層圏内の南北方向の輸送メカニズムによって硫酸エアロゾルが全球に広がる。ここで重要なことは、噴火する火山の緯度である。ブリュワー・ドブソン循環では基本的に赤道から極域に物質が輸送されるので、熱帯で火山が噴火するとエアロゾルが全球に広がり地球全体を覆うことになる。したがってその影響も全球規模になる。一方で、高緯度にある火山が噴火した場合は、それよりもさらに緯度の高い地域には影響するが、低緯度や反対側の半球には輸送されにくく影響を受ける地域は限定的になる。

## 5. 複雑な気候への影響～ピナツボ火山の例

日射量が減少すると、陸地や海洋が受け取るエ

ネルギーが減少するので、地球の温度が下がることは容易に想像できよう。ただし、海洋の熱容量は極めて大きく、大気の約1000倍もあるため、吸収する太陽放射エネルギーの変化は海面の温度変化には現れにくい。一方で、陸地は比較的影響を受けやすく、陸地の地表気温が下がる。また、下層大気の気温の低下により、大気中の水蒸気量も減少し、降水量も減少することになる。さらに成層圏内ではオゾンが硫酸エアロゾルの表面で塩素と反応、分解し、南極のオゾンホールと類似のメカニズムで減少することも報告されている<sup>5)</sup>。

1991年6月のピナツボ火山の噴火の場合には、陸地の平均で最大約0.5℃気温が低下したことが観測されている<sup>6)</sup>。しかしながら、気候影響の地理的な分布と時間変化は複雑で、噴火後半年程度の間には、地表気温が低下する地域と逆に上昇する地域も見られた。たとえば、1991年の冬には北アメリカ、北ヨーロッパ、シベリア東部、および南極地域で大気下層の気温上昇が観測されている<sup>5,6)</sup>。

一方で、数年に一度ペルー沖の東部熱帯太平洋の海面水温が上昇するエルニーニョ現象のように地球自身が持つ自然変動のリズムもいくつかあり、ある程度大きな火山噴火でないと、その影響を正確に評価することは難しい。先に述べたタンボラ火山のように極めて大きな噴火の場合にはより気候影響が明確に現れるが、ピナツボ火山の場合にはエルニーニョも発生していたことが知られており、火山噴火の規模も相俟って地域的な気候影響の評価には限界がある。すなわち、火山噴火による成層圏エアロゾルの変化、そして日射量の変化までは因果関係を追求することができるが、さらに気温や降水量の変化、そしてそれらの各地域における変化との関係性を正確に解明することは難しい。冒頭で紹介した今年1月のトンガの火山噴火においては、人工衛星の観測から、成層圏に運ばれた亜硫酸ガスの量はピナツボ火山のときの約20分の1と推定されており、気候への影響は極め



て小さいものと考えられる。

## 6. まとめ

大規模な火山噴火はある条件が揃うと地球全体の気候に大きな影響を及ぼすことがある。その条件とは、大量の火山灰や亜硫酸ガスが成層圏まで届くこと、そして、火山が赤道付近の緯度帯に位置することである。成層圏に入った火山灰は1～2ヶ月で重力落下により除去されるが、同時に注入された亜硫酸ガスは成層圏内で酸化され硫酸エアロゾルに変化する。硫酸エアロゾルは極めて小さな微粒子であり、成層圏内に1～2年あるいはそれ以上滞留する。さらに成層圏内の南北循環により赤道から南北両半球の極域まで広がり地球全体を覆うことになる。その結果、日射量が減少し、地表気温が下がるなど地球全体の気候に影響を及ぼすことになる。しかしながら、その影響はエルニーニョなど他の気候変動要因と区別することが難しい場合もあり、地域ごとの影響を評価するには限界がある。今後、特に地球温暖化が進む中で大きな火山噴火が発生した場合、その気候への影響を正確に評価するためにはさらなる研究の進展が望まれる。

## 【参考文献】

- 1) H. ストンメル、E. ストンメル、1985: 「火山と冷夏物語」、地人書館、238pp.
- 2) IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.
- 3) Toohey, M. and M. Sigl, 2017: Volcanic stratospheric sulfur injections and aerosol optical depth from 500BCE to 1900CE. *Earth Syst. Sci. Data*, 9, 809–831, <https://doi.org/10.5194/essd-9-809-2017>
- 4) Nakajima, T., M. Tanaka, T. Hayasaka, Y. Miyake, Y. Nakanishi, and K. Sasamoto, 1986: Airborne measurements of the optical stratification of aerosols in turbid atmospheres. *Appl. Opt.*, 25, 4374–4381.
- 5) Robock, A., 2002: The Climatic Aftermath. *Science*, 295, 1242–1244.
- 6) Kirchner, I., G. L. Stenchikov, H.-F. Graf. A. Robock, and J. C. Antuna, 1999: Climate model simulation of winter warming and summer cooling following the 1991 Mount Pinatubo volcanic eruption. *J. Geophys. Res.*, 104, 19039–19055.

## □ 最近の九州地方の火山活動と噴火災害 ～桜島の噴火活動等を中心として～

京都大学防災研究所火山活動研究センター 教授 井 口 正 人

### 1. 九州地方の火山活動

わが国（千島列島、南方諸島、南西諸島を含む）には111の活火山が存在する。活火山とは、1万年以内に噴火した証拠が見つかっている火山であり、噴火の再発を想定すべき対象である。そのうち、17の活火山が九州地方にある。これらは、鶴見岳・伽藍岳、由布岳、九重山（以上、大分県）、阿蘇山（熊本県）、雲仙岳、福江火山群（以上、長崎県）、霧島山（鹿児島・宮崎県境）、米丸・住吉池、若尊、桜島、池田・山川、開聞岳、薩摩硫黄島、口永良部島、口之島、中之島、諏訪之瀬島（以上、鹿児島県）である（図1）。これらのうち、今世紀も噴火が発生している火山は、阿蘇山、霧島山、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島の6火山に及び、我が国で最も活動的な火山地帯を形成している。気象庁は、2007年12月から噴火警戒レベルを発表しているが、これら6火山では噴火警戒レベルが2以上に引き上げられたことがある。

阿蘇山の中岳火口周辺には多くの観光客が訪れるので、最も危険な火山であるといえる。1958年6月には死者12名に及ぶ爆発が発生している。夜間の爆発であったため犠牲者は限定的であったが、昼間であれば千人以上犠牲となることも考えられる。最近では、2009年から小規模噴火が発生するようになり、2014年11月から翌年4月まではストロンボリ式噴火が頻発し、マグマ活動が最も高



図1 九州の活火山とカルデラ。

まった状態となった。2015年、2016年、2021年にもマグマ水蒸気噴火が発生し、火口から1kmを超える距離まで、噴石や火砕流が到達した。

霧島山の新燃岳では、2008年から水蒸気噴火が繰り返され、2011年1月26日からは本格的なマグマ噴火に移行した。噴煙高度7000mに達する準ブリーニ式噴火が発生し、その後火口内に溶岩ドームが形成された。さらに、2017年10月の小規模な噴火活動を経て、2018年3月には噴火活動により火口内が溶岩で満たされ、一部火口外へあふれ出

た。4月には新燃岳北西の硫黄山でも水蒸気噴火が発生した。享保年間（1716年、1717年）の噴火から300年ぶりに活動的な状態にある。なお、高千穂の御鉢の噴火活動は最近静穏であるが、19世紀後半から20世紀初めの噴火活動は爆発的であり、油断できない火山である。

薩摩硫黄島は歴史時代を通して硫黄岳山頂火口から火山ガスを噴出し続けている火山である。1934年には島の東方海域で海底噴火が発生し、軽石を流出させた後、新島を形成した（昭和硫黄島）。1997年から2004年にかけて、噴気活動の活発化とともに硫黄岳火口が拡大し、火山灰も噴出した。2013年、2019年、2020年にも小規模な噴火が繰り返されている。

口永良部島は1～30年おきに新岳あるいはその東の割れ目において噴火活動を繰り返してきた。2014年8月から2020年5月までの噴火活動期は、80年～90年間隔で繰り返された活発な活動状態で、過去には1841年噴火、1931年～1934年の噴火活動があり、いずれも死傷者を伴う甚大な災害が発生している。2014年8月から2020年5月までの噴火活動期のうち、最大の噴火は2015年5月29日に発生しており、火砕流が海岸付近まで達した

ため、我が国で初めてのレベル5（2015年5月～2016年6月）の噴火警報が発表され、住民の屋久島への島外避難が行われた。

諏訪之瀬島は、1813年の大規模噴火、1884年の溶岩流出を経て、20世紀以降は、御岳山頂から北東に開いた火口内に形成された火砕丘においてブルカノ式あるいはストロンボリ式噴火が繰り返されている。1957年～1995年は特に活動的であった。2000年に噴火活動が活発化したのち、活動は徐々に低下したが、2020年12月に爆発活動が激化し、頻繁な爆発は現在も続いている。

これら5火山はいずれも活発な噴火活動を繰り返しているが、桜島はさらに活動的である。歴史時代の746年、1471年～1476年、1779年・1780年、1914年に桜島の山腹において大規模噴火が発生した。1946年の昭和火口からの溶岩流出を経て、1955年からは南岳山頂において爆発的噴火を繰り返しており、爆発回数は15,000回を超える。1955年から1971年までの南岳第1活動期、最も噴火が激しく多量の火山灰を噴出した1972年～2005年ごろまでの南岳第2活動期、2006年に始まる昭和火口活動期、2017年以降現在に至る南岳第3活動期に分けられる（図2）。噴火警戒レベルは3が継

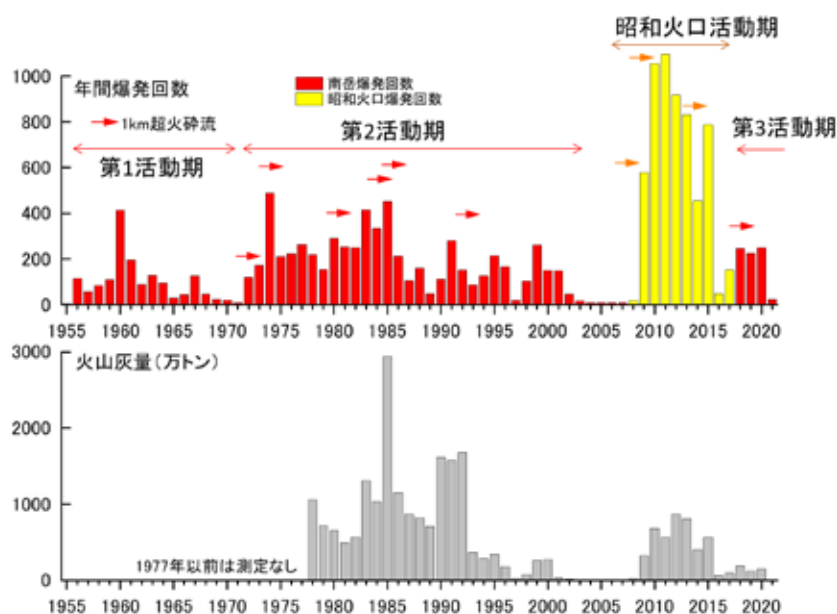


図2 桜島の噴火活動の推移。年間爆発回数（上）、年間火山灰放出量（下）。

続しているが、2015年8月15日には顕著な地盤変動を伴って火山性地震が群発したため、噴火警戒レベルが一時4に引き上げられた。本稿では、このような我が国を代表するような活発な噴火活動を続ける桜島を中心にして火山災害対策について解説する。

## 2. 常時観測体制

桜島は我が国で最も観測体制が整備されている火山の1つである。1955年に始まった南岳の爆発活動以前から鹿児島地方気象台は桜島の監視を続けていたが、この爆発活動開始を契機に鹿児島県が中心となって国に要望活動を行い、京都大学防災研究所が桜島火山観測所を整備することになった。1974年に開始された火山噴火予知計画により桜島の観測体制は大きく改善され、桜島火山観測所を引き継いだ火山活動研究センターは、桜島島内に10点の常設地震観測点、島外に7点の観測点を展開している。また、傾斜計、伸縮計、GNSS、

潮位計などの計器を用いた地盤変動観測点も25点に及ぶ（図3）。地中の火山ガスの観測も連続的に行っている。さらに、噴火現象は空振計、レーダー、光学ライダー、降灰量計の機能をもつディストロメータによりとらえられている。このうち、他の火山にない最も特徴的な機器はハルタ山、有村（国土交通省九州地方整備局大隅河川国道事務所により整備）、高免の3つの観測坑道内に設置された全長28mの水管傾斜計および伸縮計であり、小規模であっても、90%の爆発の前駆的膨張をとらえることができる。また、レーダーは山頂が雲に覆われていても噴煙を観測することができ、噴煙高度の把握に有効である。気象庁も地震計、傾斜計、GNSSを整備し、二酸化硫黄ガス放出量の測定を繰り返している。国土地理院はGNSS観測を継続している。これらのデータは所有機関の間においてオンラインでデータが共有されており、京都大学のデータは鹿児島県庁、鹿児島市役所でも閲覧することができる。

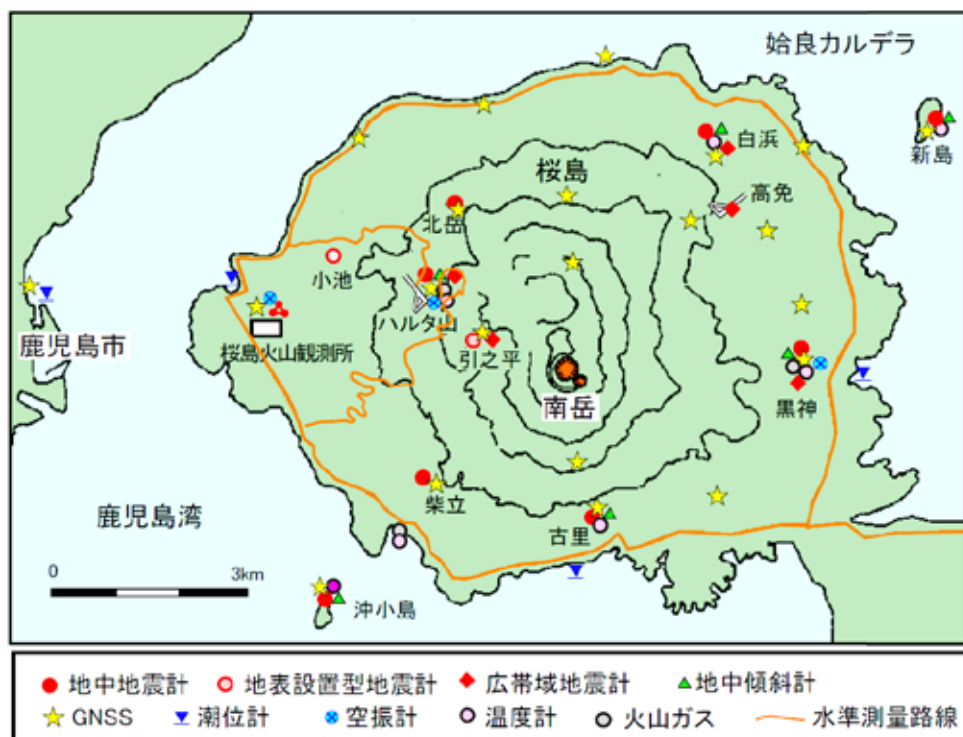


図3 桜島島内の火山観測網（京都大学防災研究所）



### 3. 火山噴火の発生予測

従来から火山噴火予知は噴火に前駆する活動から発生時期、規模、場所、噴火様式、終息を含む噴火活動推移の5つの要素を予測するものとされてきた。前駆活動を捉えるためには平時の監視から異常現象を捉えることが必須であり、そのために観測体制が整備されてきた。観測坑道の整備により小規模であっても90%の爆発の前駆的膨張をとらえることができる体制は整っており、異常現象を捉えるという意味では相当のレベルにあるといえる。

一方、2007年12月以降、気象庁から発表される噴火警戒レベルを含む噴火警報においては、これらの要素をハザードの視点から整理しなおす必要がある。噴火警報は火山噴火に対して「警戒を要する範囲」を周知させるものであり、警戒を要する範囲は噴火の規模と火口の位置により決定される。また、噴火の様式によってハザードの種類が変わり、ハザードの種類ごとに噴出物の運動形態が違うので、警戒を要する範囲もハザードの種類ごとに異なる。そのうち最大のものを「警戒を要する範囲」として発表することになる。過去の噴火に基づいて具体的に説明しよう。1955年以降に頻発する爆発の火口は南岳・昭和火口の山頂域であり、ハザードの種類は火山岩塊（気象庁用語では弾道を描いて飛散する大きな噴石）と火砕流である（図4）。火山岩塊のハザード範囲は爆発時の圧力、火砕流の場合は、噴出物の量とそれに占める火砕流の割合で決まる。一方、1914年に発生した大正噴火のような場合は、火口は山頂ではなく山腹、しかも東西山腹の2か所である。したがって、警戒を要する範囲は山腹に形成される火口を起点に考える必要がある。しかも噴火の規模は桁違いに大きいので、警戒を要する範囲は広がり、ハザードの種類として火山岩塊と火砕流に溶岩流が加わる。なお、桜島の溶岩流は粘性が高く、流れにくいので、警戒を要する範囲はあまり広が



図4 上：南岳から2.7kmの距離に落下した火山岩塊（1984年7月21日）、下：桜島の南西山麓を流下する火砕流（1985年4月9日）。

らないかもしれない。火山噴火予知の要素のうち、発生時期と終息を含む噴火活動推移は、それぞれ、噴火警報を発表するタイミングと噴火警報のレベルを上下させる、あるいは解除するタイミングと考えればよい。

以上説明したように、火山災害対策に必要とされるのは、火山噴火の発生予測（起きるかどうか）ではなく、火山噴火に伴うハザードの種類とその範囲（噴出物の到達範囲）の予測である。しかし、その段階には依然として達しておらず、更なる研究が必要である。

噴火が発生する前は、地震活動や地盤変動量により噴火、警戒レベルが決定される。これらは過去の経験に基づくものであり、地震活動や地盤変動量が噴火ハザードとどのように結びつくかという視点からの考察はない。桜島はまだましで、そ

れ以外の火山ではレベル4, 5を判定する経験則すら存在しないことに注意する必要がある。

#### 4. 火山災害の軽減に向けて

火山災害から人命を守るためには、火山噴火に対して警戒を要する範囲からの事前避難が必須なので、噴火警報が発表された時には、即時に行動を開始する必要がある。一方、災害要因の視点に立つと、噴火警報はすべての火山災害要因をカバーしていないことに注意する必要がある。火山災害要因は、噴出物の直接的な影響によるものと誘発災害に大別される。噴出物とは、火山降下碎屑物（火山岩塊、レキ、火山灰）、火砕流、溶岩流、火山ガスである（図5）。このうち噴火警報の対象となるのは、影響が及ぶと即時に人命が失われる火山岩塊、火砕流、溶岩流であり、それ以外は対象外である。例えば、多量の軽石と火山灰が1メートルの厚さに堆積するとしても噴火警報の対象ではない。また、噴火活動に伴って発生する誘発災害は、地震、地形変化、山体崩壊、土石流、洪水、津波、空気振動など多岐におよび極めて複雑である。このうち、地震と津波については噴火警報以外の警報が発表されることが期待できるがいずれも事後にならざるを得ない。土石流について

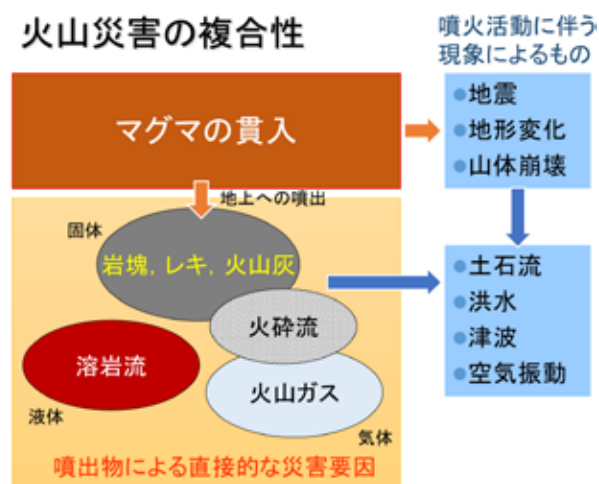


図5 火山災害の要因

は、降雨により誘発される場合は土砂災害警戒情報により対応可能であるが、火口湖の爆発、融雪、大量の土砂の湖・河川への流れ込みによる土石流は、噴火と同時に発生する可能性があるので事前の検討が必要である。

このように噴火警報（レベル4, 5）は、住民の避難・誘導に有効であるので、最大限の注意を払う必要があるが、万能ではなく、噴火警報の対象とならない災害要因も多いことに留意する必要がある。危機対応時の火山活動の推移は、地震・気象現象よりもはるかに複雑で、状況把握とその予測は困難であることから、情報収集と万全の対策を講じる必要がある。

## □ GIS を活用した降灰リスク予測と 降灰リアルタイムハザードマップ

鹿児島大学地震火山地域防災センター

特任研究員 中 谷 剛

### 1. はじめに

火山噴火災害の中で降下火砕物(いわゆる降灰)の影響範囲は広く、噴火規模によって数100kmに及ぶ。社会や生活への影響が大きく、微量な降灰であっても鉄道の運行は停止し、上水道は水質低下による断水の可能性がある。3mm程度の降灰でも降雨時は漏電が発生しやすくなり、停電の可能性が高まる。さらに、10cm程度の降灰では自動車走行が不能となり、30cmの降灰(湿潤)では木造家屋倒壊の可能性も指摘<sup>1)</sup>されている。豪雨時には、堆積した降灰が流されて発生する泥流や、堆積によって河積阻害を起こした河川からの出水、道路側溝や下水道閉塞による内水氾濫など、複合的災害が長期化する可能性もある。

大規模噴火は稀な自然現象で、現在の私たちには被災経験がない。活発な火山と言われる桜島の場合でも、直近の大規模噴火は1914年の大正噴火にまで遡る。大正噴火については詳細な記録<sup>2)</sup>が残されているが、この108年間に私たちの日常や社会のあり方が大きく変容した。いま大規模噴火が起きた場合、どのような降灰被害が社会や生活に及ぶのかは想像するしかない。また、降灰の影響範囲や降灰堆積量はその時の気象条件(風向・風速)に左右されるため、事前の被害想定を難しくしている。本報では、このような困難さに

対応し降灰被害軽減を支援する技術として、降灰シミュレーションによる降灰ハザードマップの作成、GISを利用した降灰リスクの予測、及び降灰リアルタイムハザードマップについて紹介する。

### 2. 降灰シミュレーションモデル

以下の2次元移流拡散方程式を基礎方程式<sup>3)</sup>とした降灰シミュレーションモデルは、取り扱いやすいというメリットがある。鉛直方向の運動方程式は考慮していないが、火砕物の降下速度を導入することで3次元的な降灰計算が可能である。

$$\frac{\partial C_L}{\partial t} + W_x \frac{\partial C_L}{\partial x} + W_y \frac{\partial C_L}{\partial y} - W_{L,s} \frac{\partial (C_L)}{\partial z} = K_x \frac{\partial^2 C_L}{\partial x^2} + K_y \frac{\partial^2 C_L}{\partial y^2} + C_{L,source} \quad (1)$$

ここに、 $C_L$ は粒径別の火砕物濃度、 $W_x, W_y$ はそれぞれ水平、垂直方向の風速、 $W_{L,s}$ は粒径別降下速度、 $K_x, K_y$ は拡散係数、 $C_{L,source}$ は単位時間あたりに放出される粒径別噴煙量で、噴煙高度から噴出量を算出し次のSuzuki式<sup>4)</sup>で鉛直分布を与えている。

$$S(z) = S_0 \left\{ \left( 1 - \frac{z}{H} \right) \exp \left[ A \left( \frac{z}{H} - 1 \right) \right] \right\}^\lambda \quad (2)$$

ここに、 $S_0$ :規格化係数、 $H$ :噴煙柱高度、 $A, \lambda$ :

Suzuki 係数で標準値  $A=4$ ,  $\lambda=2$  を与えた。粒径ごとの降下速度  $W_{L,s}$  は、火砕物粒子に働く重力と空気抵抗力のつり合いで決まるが、大気密度や粘性は高度や気温の関数であり、抗力係数が粒径や降下速度で記述される Reynolds 数の関数となるため、標準大気 (U.S. standard atmosphere, 1976) を仮定して算出した。粒径分布は  $\Phi$  スケールで  $-5$  から  $5$  の 11 粒径 (32mm  $\sim$  0.03125mm) とし、標準偏差  $\sigma_{\phi} = 2$ 、平均値  $\mu = -1$  (2 mm) とし、粒径別噴煙量を算出している。

噴火想定規模は、鹿児島県地域防災計画の火山災害対策編 (令和 3 年 5 月、第 3 部桜島) で想定されている大正 3 年の噴火規模 (1914 年の大正噴火) とした。図 1 に示すように、大正噴火は約 39 時間継続している<sup>5)</sup>。降灰シミュレーションでは、1 時間毎の噴煙高度は一定とした。噴煙高度を  $H$  (m)、単位時間当たりの噴出量を  $\Delta M$  (kg/s) とすると、以下の経験式が提案されている<sup>6)</sup>。

$$H(m) = 320(\Delta M)^{0.25}(\text{kg/s}) \quad (3)$$

大正噴火における軽石・火山灰の総噴出量は 4.5  $\sim$  6 億  $\text{m}^3$  であることが報告されている<sup>7), 8)</sup> ので、(3) 式に噴煙高度  $H$  の時間変化を与えて得られる総噴出量が、6 億  $\text{m}^3$  となるように補正し

て  $\Delta M$  (噴出量) を求めた。

降灰シミュレーションでは、3 次元的に計算格子を配置して 2 次元移流拡散方程式を差分法で解いている。計算領域は鹿児島県本土全域の約 150km 四方で、高度 1500m (桜島の標高は 1117m)  $\sim$  20000m までを計算対象とした。計算格子数は 169x169x38 の約 100 万点で、水平方向には桜島周辺が 500m、計算領域端付近が 1330m となる不等間隔格子を採用した。高さ方向は 500m 間隔とした。なお、地上の地形は考慮していない。

### 3. 桜島の降灰ハザードマップ

降灰シミュレーションモデルと鹿児島地方気象台のゾンデ観測による風向風速を使って、桜島の降灰ハザードマップ (図 2) を作成した。この降灰ハザードマップは、2020 年  $\sim$  2021 年の 2 年間を対象に、毎日で大正噴火が起こると想定し 48 時間後の降灰堆積深を 730 日分求めて、その最大値による等高線図になっている。図 3 に降灰ハザードマップの作成手順を示した。

降灰ハザードマップで示した 0.1m を超える範囲は、車による走行ができないので避難が困難なエリアとなる。鹿児島県の広い範囲でその可能性

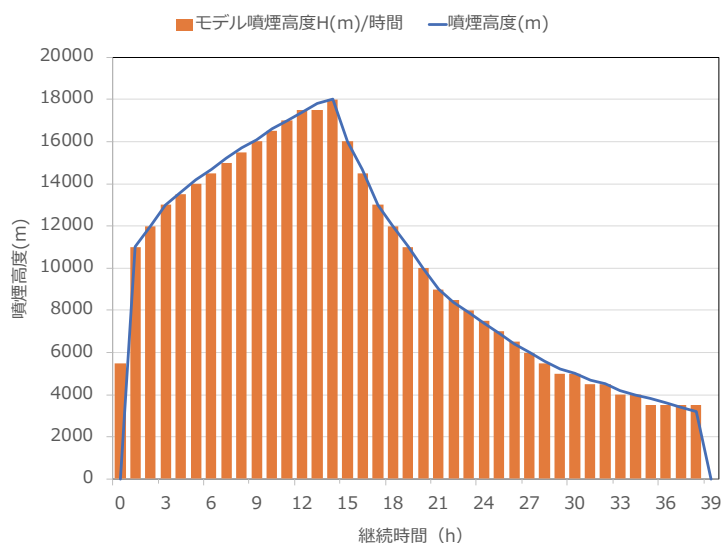


図 1 噴煙高度の時間変化 (大正噴火)



# 桜島の降灰ハザードマップ

(背景は地理院写真)

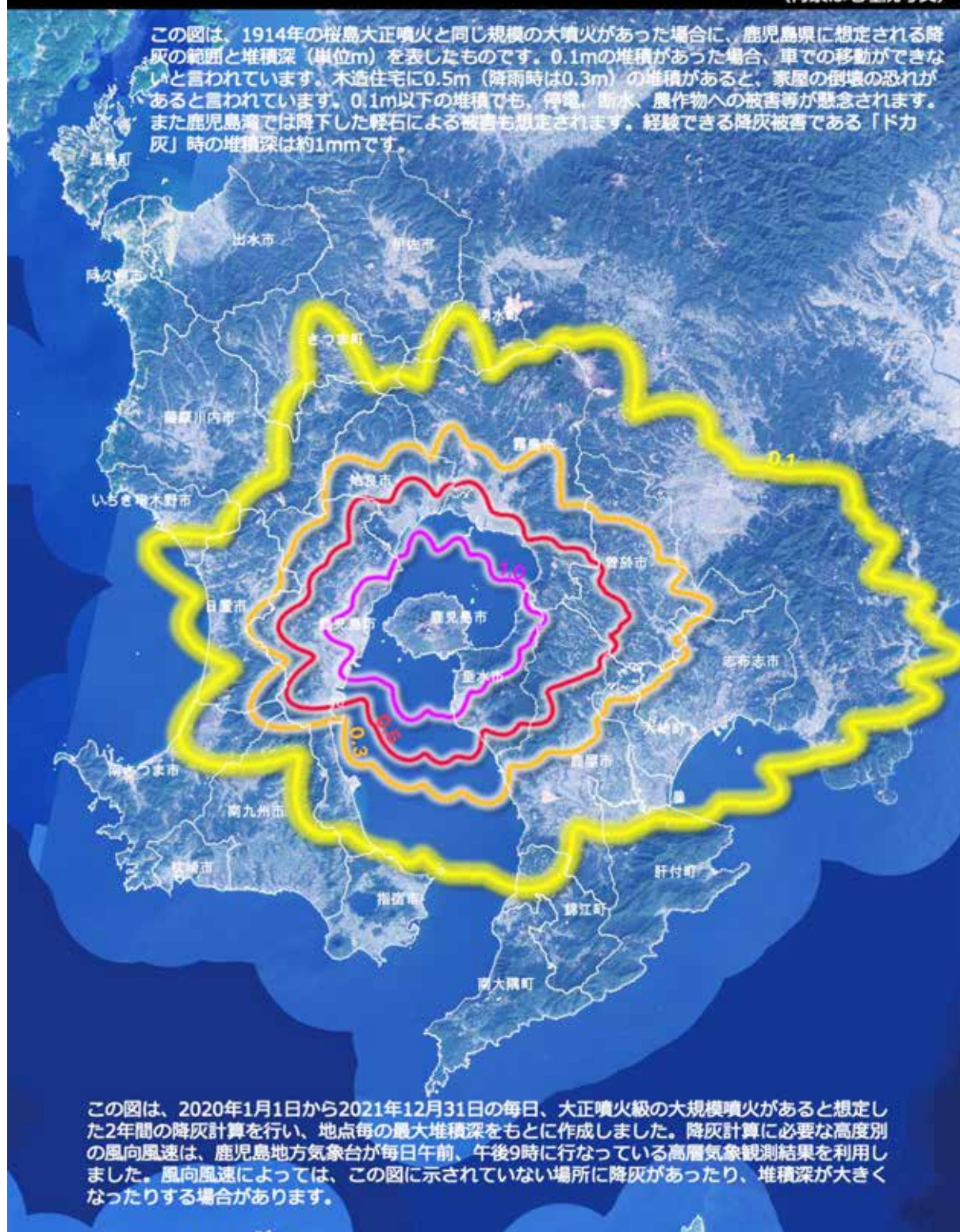


図2 桜島の降灰ハザードマップ



があることがわかる。0.3mを超える範囲では降灰による河積阻害が懸念され、一時的に河川の治水安全度が低下するため、出水期には浸水被害等の複合災害に注意が必要なエリアと言える。0.5mを超える範囲では、古い木造住宅などが倒壊する可能性があるエリアで、建物外への避難は実質的に困難となる。1.0mを超える範囲では、住宅

が倒壊する可能性があるほか、最悪の場合は人的被害が生ずる可能性があるエリアと言える。

降灰被害には、大きな被害を受けるリスクと被害を被る頻度が高いリスクの2つの要素がある。鹿児島観測所（気象庁）の高度別月別風向風速の平年値（午前）を図4に示した。風向の360°は北からの風を表している。鹿児島県の上空では



図3 降灰ハザードマップ作成の手順

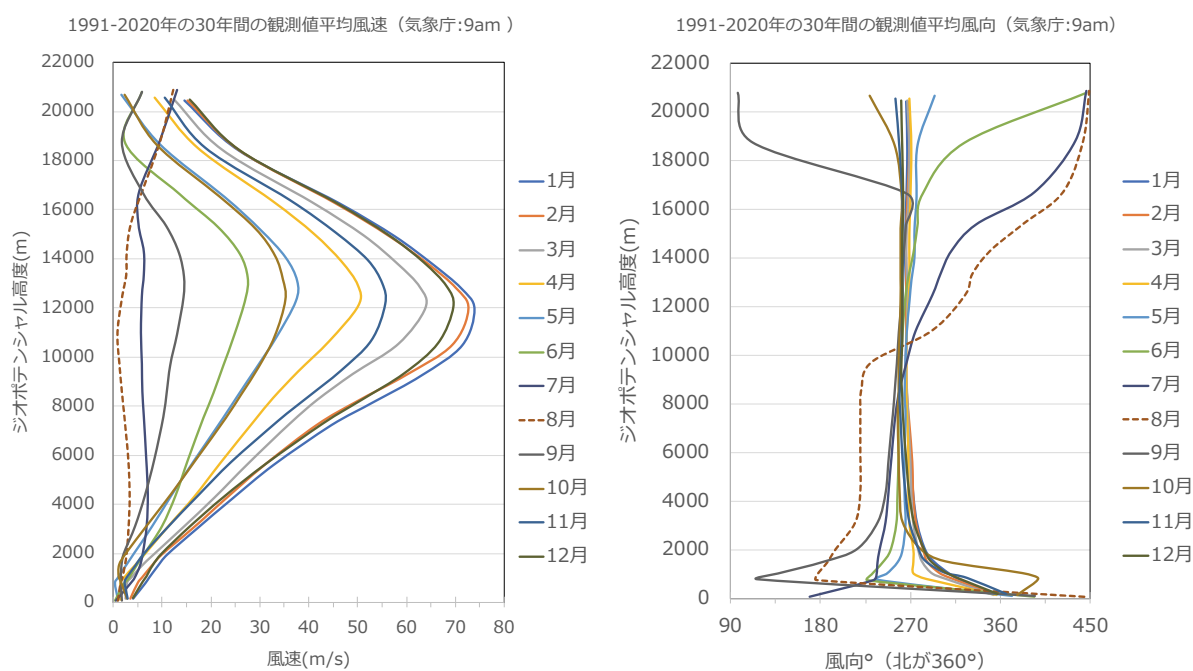


図4 高度別月別風向風速の平年値（鹿児島・午前9時観測値）

偏西風の影響で概ね西風が吹いている。堆積深が10cm以上となる日数の分布を図5（2020年）に示した。桜島の東側地域は日数が大きくなっているが、これは卓越風向方向と一致している。風向の卓越方向側の地域では、ある程度の被害を被る頻度が高いというリスクがあることがわかる。

偏西風は冬季に強まり夏季に弱まる。2020年8月に実際に観測された高度別の風況（午前）を図6に示した。角度は風向を表しており、0°が北からの風である。半径方向は風速(m/s)を表している。偏西風が弱まる8月は風速も小さく風向もばらつく傾向があり、ほぼ全方位からの風が観測されている。この時期に大規模噴火があると、弱い上空の風のため降灰が移流されにくく、桜島近郊で降灰堆積深が大きくなりやすい。2020年の降灰計算では、鹿児島中央駅（新幹線駅）付近の最大降灰堆積深は約1mで、堆積深の上位10ケースのうち9ケースまでが8月に集中した。風向の卓越側でない地域でも、大きな被害を被るリスクがあることがわかる。降灰リスクを風向から想定す

る傾向があるが、卓越風向側が大きな降灰被害を被るとは必ずしも言えない。事前に風向風速の統計処理を行って降灰シミュレーションを実施する場合は、大きな被害を被る降灰リスクを見逃す可能性があることに注意する必要がある。

#### 4. GISを利用した降灰リスク予測

GISとは、地理的な位置情報を見出しとして、その位置に関わる空間的な情報を管理し加工して視覚的に表示するだけでなく、高度な分析により迅速な判断を可能にする技術<sup>9)</sup>である。ここでは2021年8月5日の降灰シミュレーション結果を利用して、避難困難者人口及び世帯数の予測（図7）と道路交通障害の予測（図8）について紹介する。この日は、鹿児島市街地の広い範囲で48時間後の降灰堆積深が1mを超える計算事例（図9）である。

降灰堆積深が10cmを超えると車の走行ができないので、このエリア内を避難困難地域とし、

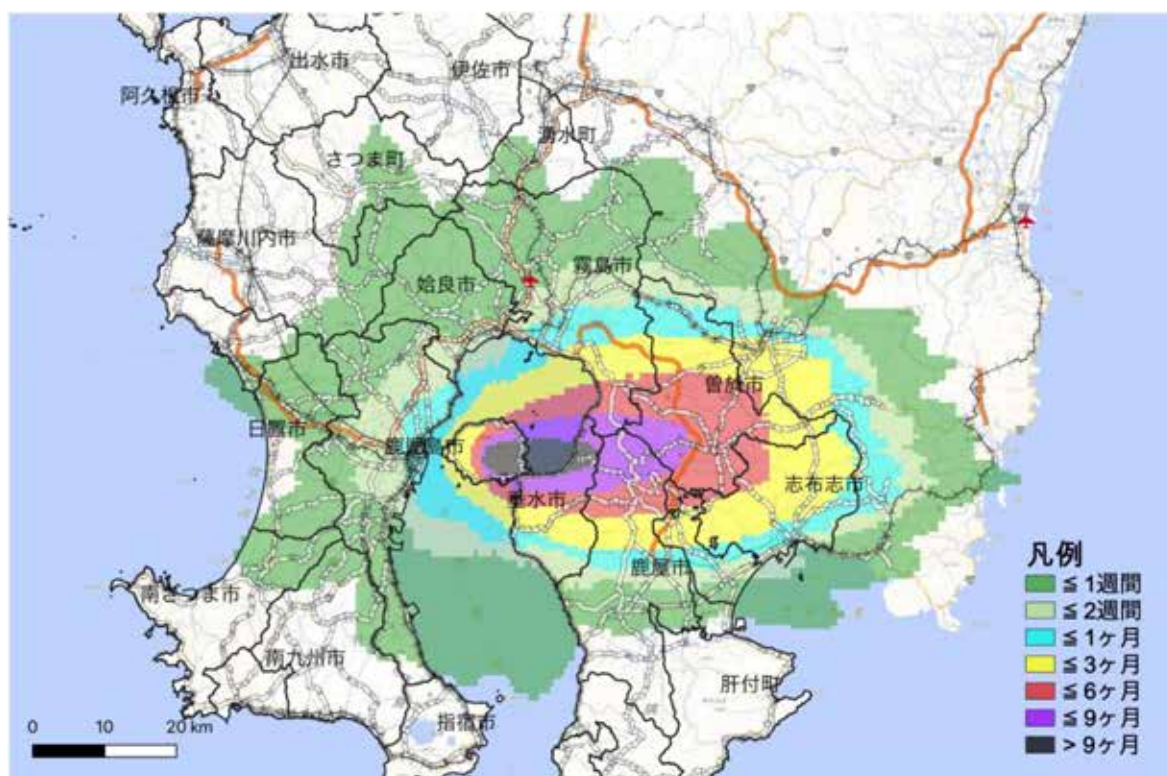


図5 堆積深が10cm以上となる日数分布（2020年）

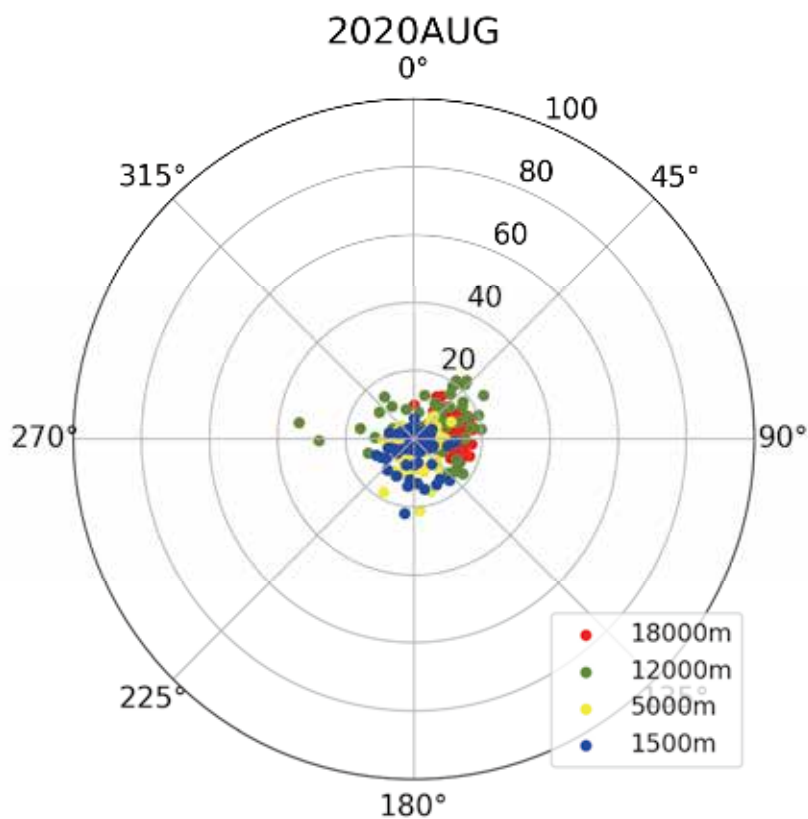


図6 2020年8月の高度別風況図（午前9時観測値）

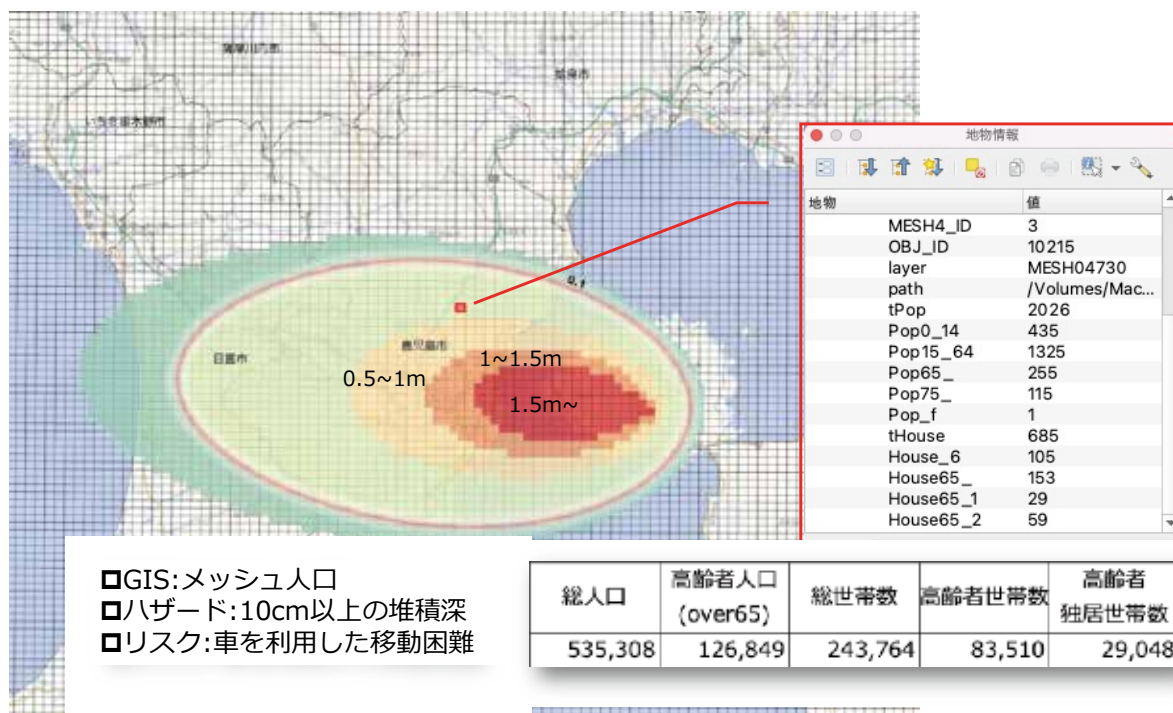


図7 GISによる避難困難者人口及び世帯数の予測（2021年8月5日）



GISで降灰堆積深が10cmの等高線（線情報）を作成する。次にこの等高線をポリゴン（面情報）に変換すると、堆積深が10cm以上となるエリアと共通する範囲の500mメッシュ人口を切り出すことができる。切り出したメッシュ人口の属性から必要な項目（図7の tPop, Pop65, tHouse, House

65, House65\_1）を集計して、被災総人口・高齢者人口、総世帯数・高齢者世帯数及び高齢者独居世帯数を予測できる。人口や世帯数の推計には500mメッシュ人口（2015年国勢調査）データを利用した。このデータは、e-Stat（統計で見る日本：<https://www.e-stat.go.jp/>）で公開されて

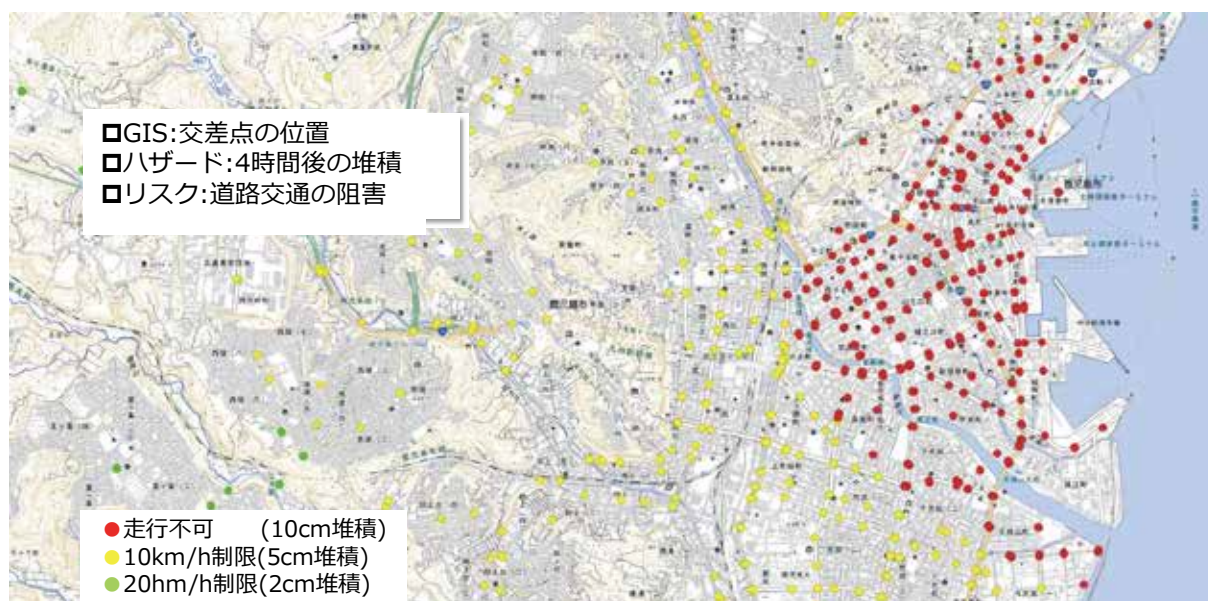


図8 主要な交差点を対象にした道路交通阻害の予測（2021年8月5日、噴火から4時間後）



図9 噴火から48時間後の降灰堆積状況の可視化例（2021年8月5日に噴火想定）



いる。同様な方法で、1 時間毎の降灰計算結果を利用し、主要な交差点でどのように交通阻害が発生するかを可視化した例が図 8（噴火から 4 時間後）である。降灰堆積深が 5 cm で車は時速10km/h 走行、降灰堆積深が 2 cm で20km/h 走行<sup>1)</sup>としている。鹿児島市街地北部では、噴火から 4 時間後には通行不可となる道路（交差点）が発生するため、大規模噴火後の車による避難は実質的に困難であることが想像できる。交差点の位置情報は OpenStreetMap の道路情報を利用した（© OpenStreetMap contributors, <https://www.openstreetmap.org/copyright>。）

### 5. 降灰リアルタイムハザードマップ

火山噴火そのものの予測は困難である。しかし、数日後に大規模噴火を想定した待ち受け計算は可能である。そこで、大正噴火級の大規模噴火を 2 日後（48時間後）及び1.5 日後（36時間後）に想定し、噴火から18時間先の降灰堆積深を、6 時間毎に更新しながら24時間連続稼働させる降灰リアルタイムハザードマップシステムを紹介する。18時間後の予測堆積深は、48時間後の予測堆積深の概ね80～90%程度である。リアルタイムというと大規模

噴火と同時に降灰シミュレーションを実施することを想像するが、ここでは待ち受け計算によって、防災担当者に必要な時に必要な情報が届けられるという意味でリアルタイムとしている。

風向風速は、気象庁数値予報モデル GPV(GSM 日本域)を利用する。この数値予報モデルは、水平方向の格子間隔が20km（指定気圧面）で、少なくとも5.5日先までの予測値を 6 時間更新で入手できる。降灰リアルタイムハザードマップシステムの運用については、現時刻から意思決定に関わるプロセスを含み 6 時間以内に情報提供が可能となる運用を想定した。そのため降灰計算では、水平方向の計算格子間隔が桜島周辺で700m、計算領域端付近が1400mとなる不等間隔格子を採用した。高さ方向は1000m間隔とした。降灰ハザードマップを作成したシミュレーションモデルと、降灰リアルタイムハザードマップのモデル諸元の比較を表 1 に示した。

降灰リスク予測情報として、堆積深が10cm 以上となる避難困難エリア内の人口及び世帯数、65 歳以上の高齢者人口及び高齢者の一人世帯数・二人世帯数のほか、通行できない区間がある道路を抽出した。また、堆積深が30cm 以上のエリア内を流下する河川を、一時的に治水安全度が低下す

表 1 降灰リアルタイムシミュレーションモデルの諸元

| 項目              | 降灰ハザードマップモデル           | 降灰リアルタイムハザードマップモデル            |
|-----------------|------------------------|-------------------------------|
| 噴火規模            | 大正噴火級                  | →                             |
| 基礎方程式           | 2 次元移流拡散方程式            | →                             |
| 計算範囲            | 150km 四方（鹿児島県本土域）      | →                             |
| 計算高度            | 20km まで                | 20km まで                       |
| 水平解像度           | 500m～1330m             | 700m～1400m                    |
| 垂直解像度（高度方向）     | 500m                   | 1000m                         |
| 計算時間間隔          | $\Delta t=2\text{sec}$ | $\Delta t=4\text{sec}$        |
| 風向風速の解像度        | 鹿児島気象台 1 地点            | GSM20km 四方（指定気圧面）             |
| 風向風速の更新時間       | 12 時間                  | 6 時間                          |
| 計算結果            | 48 時間後の堆積深             | 18 時間後の堆積深                    |
| 必要な総計算時間（1 ケース） | 約 53 時間                | 約 2 時間                        |
| 備考              |                        | 2 日後及び 1.5 日後に噴火を想定した計算を同時に実施 |

る河川として抽出した。これらの結果を表示するWeb閲覧サイトを開設し、2021年7月～2022年2月まで試験的な運用を行なった。システムの有効性を評価する目的で、鹿児島県及び関係市町村の防災担当者には期限を限定して公開したが、気象業務法により制限があるので、一般公開は行っ

ていない。降灰リアルタイムシミュレーションの概要を図10に、降灰リアルタイムハザードマップシステム概要を図11に、また図12には、降灰リアルタイムハザードマップのイメージをそれぞれ示した。

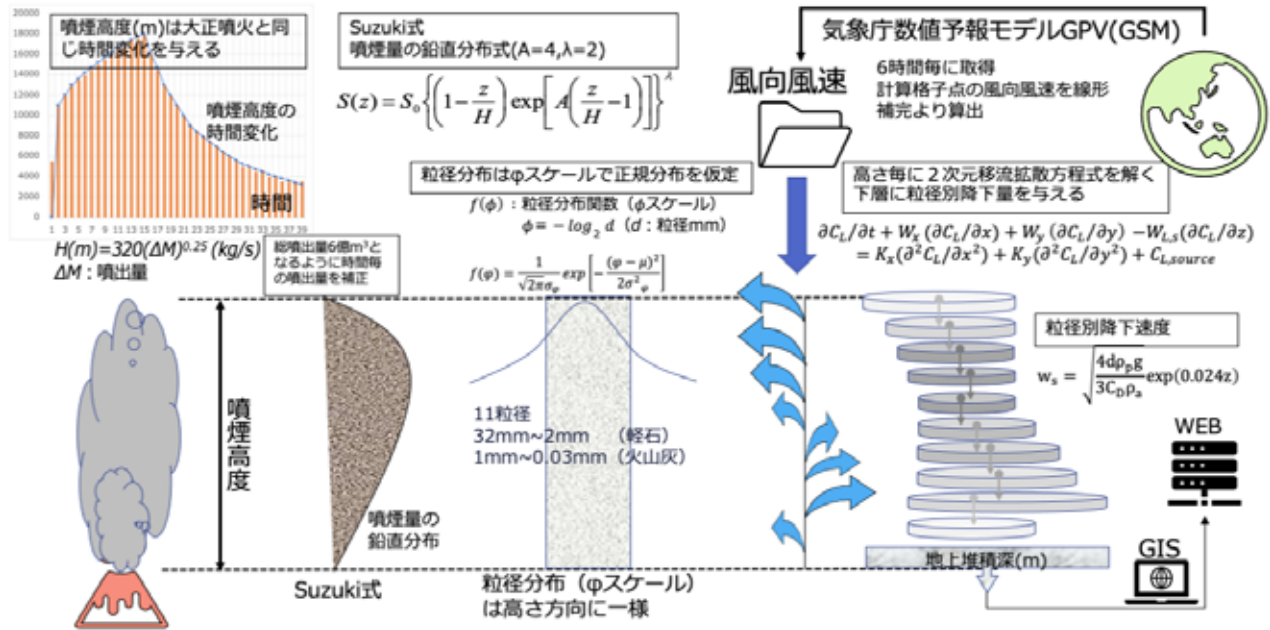


図10 降灰リアルタイムシミュレーションの概要

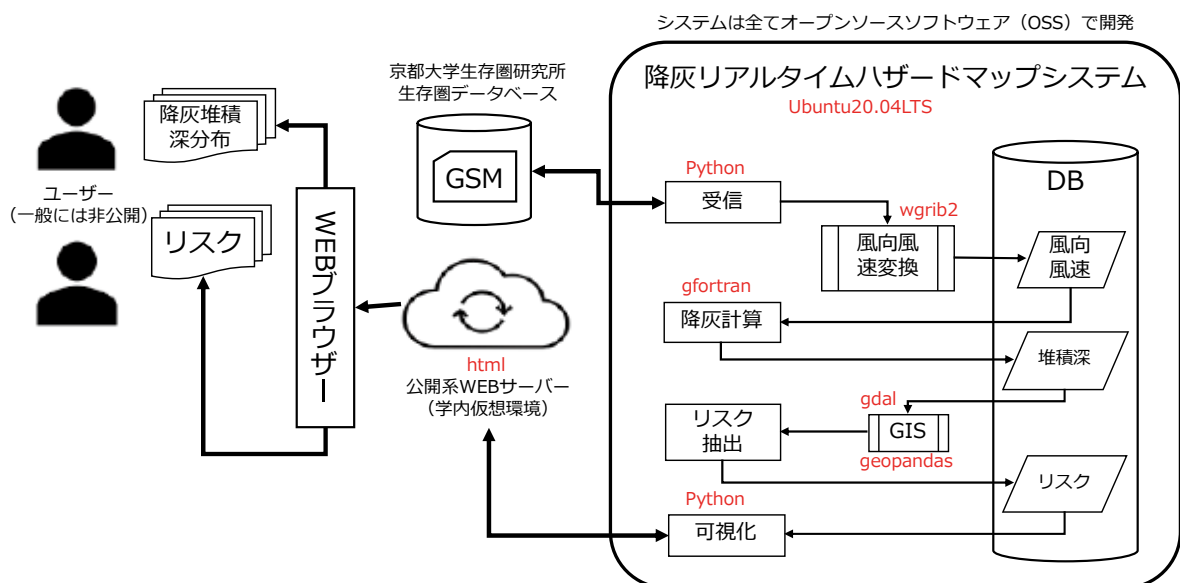


図11 降灰リアルタイムハザードマップシステム概要



図12 降灰リアルタイムハザードマップ

## 6. おわりに

本報で紹介した降灰リアルタイムハザードマップシステムの開発言語は、いずれもオープンソースなものを採用した。また、GIS データや表示用の背景地図は、GIS ホームページ（国交省：<https://nlftp.mlit.go.jp/index.html>）、e-Stat（統計で見る日本：<https://www.e-stat.go.jp/>）、及び国土地理院（<https://www.gsi.go.jp/top.html>）など、無料で公開されているデータを利用している。本システムは、どの火山にも応用できる。このようなシステムの継続的な運用・維持管理を担う主体はどのような組織が望ましいのか、という運用面での課題が残されている。本システム試験的運用期間の GPV(GSM 日本域)は、気象庁のオリジナ

ルデータを京都大学生存圏研究所が運営する生存圏データベースによって収集・配布されたものを利用した（<http://database.rish.kyoto-u.ac.jp>）。ここに記して謝意を表す。

## 【参考文献】

- 1) 中央防災会議防災対策実行会議：大規模噴火時の広域降灰対策検討ワーキンググループ（令和2年4月）、「大規模噴火時の広域降灰対策について－首都圏における降灰の影響と対策－～富士山噴火をモデルケースに～（報告）, 2020.
- 2) (中央防災会議)災害教訓の継承に関する専門調査会報告書：1914桜島噴火報告書、内閣府
- 3) 中谷剛・浅野敏之：1年間にわたる風速場を考慮した桜島大規模噴火に対する降灰ハザードマップの作成，自然災害科学J. JSNDS 40 特別号 175-

- 189,2021.
- 4) Suzuki, T.: A Theoretical Model for Dispersion of Tephra, *Volcanism; Physics and Tectonics*, edited by D. Shimozuru and I. Yokoyama, pp.95-113, 1983.
- 5) 近藤一飛・多々納裕一・井口正人・田中 博 : 火山灰輸送シミュレーションを用いた桜島における大規模火山噴火時の降灰リスク分析, 平成30年度京都大学防災研究所研究発表講演会, A26, 2019.
- 6) 山科健一郎 : 桜島火山1914年噴火の噴煙高度-目撃資料の検討, 火山第44巻, 第2号, pp.71-82, 1999.
- 7) 中央防災会議(災害教訓の継承に関する専門調査会):1914桜島噴火報告書, 第2章, 第1節, pp.33-36, 2011.
- 8) 浅野敏之・高橋 忍・甲斐信治 : 大規模火山噴火災害時における港湾機能維持に必要な降下軽石群の揚収作業量の分析, *自然災害科学*, Vol. 39, 特別号, pp.45-56, 2020.
- 9) 国土地理院 (<https://www.gsi.go.jp/GIS/whatisgis.html>)



## □ 噴火警戒レベルの運用と

## レベル4のキーワード変更について

### 気象庁地震火山部火山監視課

#### 1. はじめに

噴火警戒レベルは、火山活動の状況に応じて「警戒が必要な範囲（生命に危険を及ぼす範囲）」と、防災機関や住民等の「とるべき防災対応」を5段階に区分した指標です。各レベルには、火山の周辺住民、観光客、登山者等のとるべき防災行動が一目で分かるキーワードを設定しています（下表参照）。噴火警戒レベルを運用している火山では、

気象庁はレベルとキーワードを噴火警報、噴火予報に付してお知らせしています。

#### 2. 気象庁の火山活動の監視・情報発表について

気象庁では、気象庁本庁（東京）に設置された「火山監視・警報センター」、札幌・仙台・福岡の各管区気象台に設置された「地域火山監視・警報

表 噴火警戒レベルについて

| 種別   | 名称                             | 対象範囲                      | 噴火警戒レベルとキーワード |                     |                                                                                     | 説明                                                            |                                                       |                                         |
|------|--------------------------------|---------------------------|---------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
|      |                                |                           |               |                     |                                                                                     | 火山活動の状況                                                       | 住民等の行動                                                | 登山者・入山者への対応                             |
| 特別警報 | 噴火警報<br>(居住地域)<br>又は<br>噴火警報   | 居住地域<br>及び<br>それより<br>火口側 | レベル<br>5      | 避難                  |  | 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生、あるいは切迫している状態にある。                          | 危険な居住地域からの避難等が必要（状況に応じて対象地域や方法等を判断）。                  |                                         |
|      |                                |                           | レベル<br>4      | 高齢者等<br>避難          |  | 居住地域に重大な被害を及ぼす噴火が発生すると予想される（可能性が高まっている）。                      | 警戒が必要な居住地域での高齢者等の要配慮者の避難、住民の避難の準備等が必要（状況に応じて対象地域を判断）。 |                                         |
| 警報   | 噴火警報<br>(火口周辺)<br>又は<br>火口周辺警報 | 火口から<br>居住地域<br>近くまで      | レベル<br>3      | 入山規制                |  | 居住地域の近くまで重大な影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。 | 通常の生活（今後の火山活動の推移に注意。入山規制）。状況に応じて高齢者等の要配慮者の避難の準備等。     | 登山禁止・入山規制等、危険な地域への立入規制等（状況に応じて規制範囲を判断）。 |
|      |                                | 火口周辺                      | レベル<br>2      | 火口周辺<br>規制          |  | 火口周辺に影響を及ぼす（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）噴火が発生、あるいは発生すると予想される。        | 通常の生活（状況に応じて火山活動に関する情報収集、避難手順の確認、防災訓練への参加等）。          | 火口周辺への立入規制等（状況に応じて火口周辺の規制範囲を判断）。        |
| 予報   | 噴火予報                           | 火口内等                      | レベル<br>1      | 活火山で<br>あること<br>に留意 |  | 火山活動は静穏。火山活動の状況によって、火口内で火山灰の噴出等が見られる（この範囲に入った場合には生命に危険が及ぶ）。   |                                                       | 特になし（状況に応じて火口内への立入規制等）。                 |

センター」において、111の活火山の火山活動を観測・監視しています（下図参照）。111の活火山のうち、「火山防災のために監視・観測体制の充実等が必要な火山」として火山噴火予知連絡会によって選定された50火山については、常時観測火山として、噴火の前兆現象や噴火の様子を捉えて噴火警報等を適確に発表するために、気象庁で地震計、傾斜計、空振計、GNSS 観測装置、監視カメラ等の火山観測施設を整備し、大学等研究機関や自治体・防災機関等の関係機関からのデータ提供も受け、火山活動を24時間体制で常時観測・監視しています。

これらの観測・監視の成果を用いて火山活動の評価を行い、噴火に伴って、火口周辺や居住地域に生命に危険を及ぼすような火山現象（大きな噴石、火砕流、融雪型火山泥流等、発生から短時間で火口周辺や居住地域に到達し、避難までの時間的猶予がほとんどない現象）の発生が予想される

場合やその危険が及ぶ範囲の拡大が予想される場合に「警戒が必要な範囲（生命に危険を及ぼす範囲）」を明示して噴火警報を発表します。噴火予報は、火山活動の状況が静穏である場合、あるいは火山活動の状況が噴火警報には及ばない程度と予想される場合に発表します。

### 3. 噴火警戒レベルと火山防災協議会

各火山の地元の都道府県及び市町村は、活動火山対策特別措置法および同法によって定められた「活動火山対策の総合的な推進に関する基本的な指針」に基づき、火山災害警戒地域が指定された火山については、火山防災協議会（都道府県、市町村、気象台、砂防部局、自衛隊、警察、消防、火山専門家等で構成）を組織し、平常時から火山活動の状況に応じた警戒避難体制の整備について共同で検討を行っています。火山防災協議会での

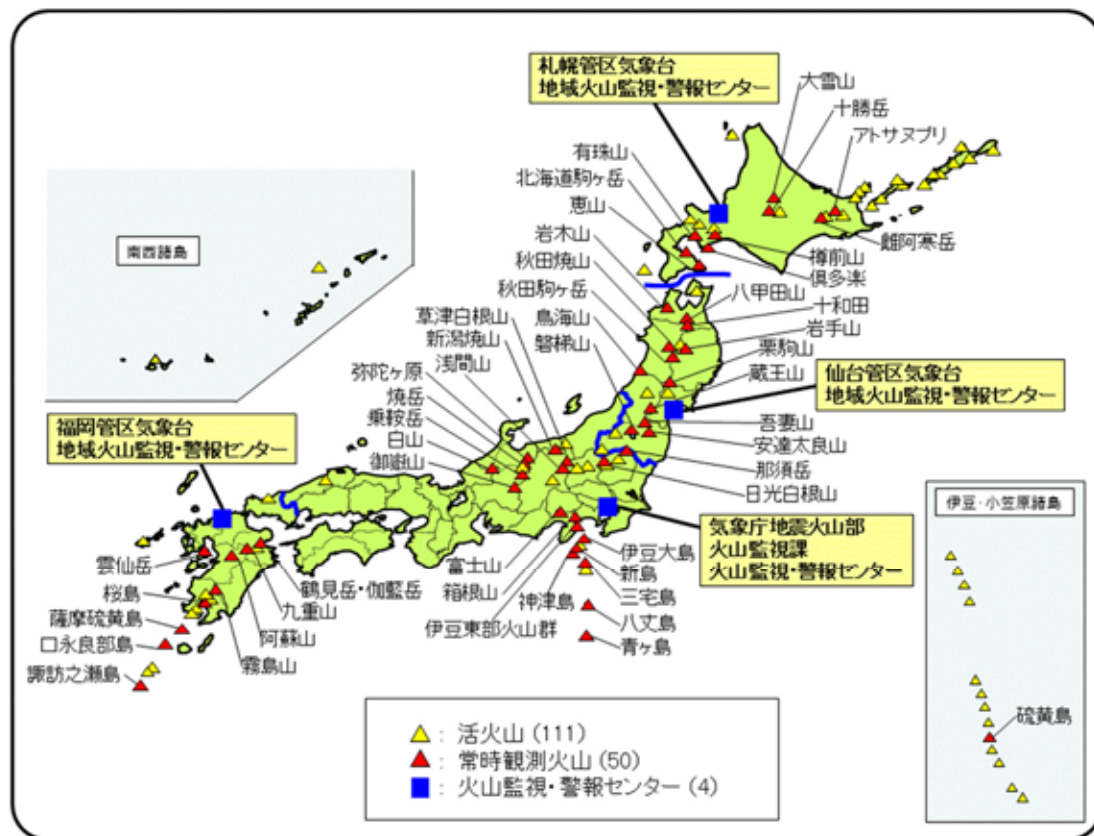


図 活火山及び火山監視・警報センターにおいて火山活動を24時間体制で監視している火山（常時観測火山）

共同検討の結果、火山活動の状況に応じた避難開始時期・避難対象地域が設定され、噴火警戒レベルに応じた「警戒が必要な範囲」と「とるべき防災対応」が都道府県及び市町村の「地域防災計画」に定められた火山で、噴火警戒レベルは運用されています。

これらの火山では、気象庁は、噴火警戒レベルを付して噴火警報・予報を発表します。噴火警戒レベルの引上げ・引下げの判断は気象庁の観測・監視に基づいて行っています。噴火警戒レベルの判定は、それぞれの火山において想定される火山活動に基づいて事前に基準を定め、その解説とあわせて公表しています。ただし、これまで観測されたことのないような火山活動の変化があった場合や新たな観測データや知見が得られた場合には、それらを加味して評価した上でレベルを判断することもあります。また、新たな知見等が得られた場合には、判定基準の精査を行い、随時見直しを図っています。

噴火警戒レベルは地元の関係機関が行う防災対応のトリガーとして活用されています。市町村等の防災機関では、あらかじめ合意された範囲に対して迅速に入山規制や避難指示等の防災対応をとることができることから、噴火災害の軽減につながることが期待されます。

#### 4. 噴火警戒レベル4のキーワード変更 (避難準備から高齢者等避難へ)

「とるべき防災行動」に対応した各レベルのキーワードのうち、噴火警戒レベル4のキーワードを令和3年度に変更しました。

令和3年5月に、災害対策基本法が改正され、新たな避難情報の運用が始まり、この中で、高齢者等の要配慮者の確実な避難を促すため、市町村が発令する避難情報のうち、「避難準備・高齢者等避難開始」の名称が「高齢者等避難」に変更となりました。このことを受け、内閣府は、「噴火

時の具体的で実践的な避難計画策定の手引き」を同月に改訂し、噴火警戒レベル4のキーワードについても、市町村が発令する避難情報の名称と整合するよう、「避難準備」から「高齢者等避難」に変更することとしました。気象庁では、関係機関を含めて準備が整った令和3年12月16日から「高齢者等避難」という新たなキーワードに変えた火山情報の発表を開始しました。

なお、キーワードは変わりましたが、噴火警戒レベル4における防災対応は従前と変わるものではなく、高齢者等の要配慮者の方々の避難のみならず、避難が長期化することを見据えて避難の準備をしていただくことが重要です。

#### 5. おわりに

平成19年に16火山で運用が始まった噴火警戒レベルは、地元の火山防災協議会における検討により、順次対象火山を拡大してきました。令和4年3月24日には十和田での運用が開始され、現在は、火山防災協議会が設置されている全国49の火山（50の常時観測火山のうち硫黄島を除く火山）すべてにおいて、噴火警戒レベルが運用されています。

「警戒が必要な範囲」と「とるべき防災対応」は、地元の火山防災協議会が発行している火山防災マップや、気象庁が公表している各火山のリーフレットに掲載しています。今一度、地域の避難経路・場所や防災情報の解説等に目を通していただきますようお願いします。

##### 【参考資料】

気象庁：噴火警戒レベルの説明、

[https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/level\\_toha/level\\_toha.htm](https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/STOCK/kaisetsu/level_toha/level_toha.htm)

気象庁：各火山のリーフレット、

<https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/keikailevel.html>

気象庁：火山別に設定された噴火警戒レベルの判定基準、

<https://www.data.jma.go.jp/vois/data/tokyo/keikailevelkijunn.html>

内閣府：火山情報等に対応した火山防災対策検討会,  
<http://www.bousai.go.jp/kazan/zyouhoutaiou/index.html>

内閣府：避難情報に関するガイドラインの改定（令和3年5月）,

[http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3\\_hinanjouhou\\_guideline/](http://www.bousai.go.jp/oukyu/hinanjouhou/r3_hinanjouhou_guideline/)

内閣府：噴火時等の具体的で実践的な避難計画策定の手引き（第2版）（令和3年5月）,

[http://www.bousai.go.jp/kazan/shiryo/pdf/20210510\\_tebiki\\_hinan1.pdf](http://www.bousai.go.jp/kazan/shiryo/pdf/20210510_tebiki_hinan1.pdf)



# 地域防災実戦ノウハウ（111）

## ー キキクル中心の大雨対応型実戦的イメージトレーニング ー

Blog 防災・危機管理トレーニング  
(<http://bousai-navi.air-nifty.com/training/>)

主 宰 日 野 宗 門

(消防大学校 客員教授)

### 1. 「キキクル」が大雨対応の転換をもたらすーそのためのトレーニングは必須ー

昨年（2021年）の2月24日に気象庁ホームページが一新され、防災気象情報等が以前より格段に分かりやすく、利用しやすい形で提供されるようになりました。大雨時に市町村の避難等の意思決定に最も強くかかわる「キキクル（危険度分布）」も使い勝手が大きく改善されました（表1参照）。

これからの市町村の大雨時の避難対応等は、従来の防災気象情報（大雨警報、土砂災害警戒情報、大雨特別警報等）だけでなく、キキクルへの習熟度がその成否を左右するといっても過言ではありません。そのことを認識し運用の習熟に努めている市町村もあると思いますが、効果的な方法が見つからずに悩んでいるところが大半ではないでしょうか？

そこで、本稿ではキキクルを反映させた状況予測型図上訓練（イメージトレーニング方式）を示し、皆さんの参考に供します。この訓練は簡単に取り組み、効果も高いという特徴がありますので、皆さんの市町村等でぜひお試しください。

表1 キキクル（危険度分布）画面の特徴

- 土砂災害、浸水害、洪水害の危険度を5段階表示。災害種ごとに土砂キキクル、洪水キキクル、浸水キキクルの画面を用意
- 土砂キキクルと浸水キキクルは1kmメッシュの高解像度で、洪水キキクルは個々の河川の流路区間ごとに表示される
- 6時間前までさかのぼって表示できる
- 土砂キキクルは土砂災害警戒区域、洪水キキクルは洪水浸水想定区域と重ね合わせることができる
- 画面内の「現在地表示」を選択すれば、現在地及び周辺の危険度を把握できる
- 画面更新は10分毎

### 2. キキクル中心の大雨対応型実戦的イメージトレーニング

#### 2.1 前提となる知識

このトレーニングでは、キキクルの表示色（危険度）の意味と避難情報等との関係についての正確な知識が前提となります（表2-1、表2-2）。また、土砂災害については防災気象情報等との関係も押さえておく必要があります（表3）。

さらに、気象庁の「今後の雨」画面及び「雨雲の動き」画面もキキクルの補完情報として重要です（表4参照）。

表 2-1 キキクル（土砂、洪水）の表示色の意味と避難情報等との対応関係

| 色が持つ意味                          | 発令の目安とされる避難情報<br>(注1) | 相当する警戒レベル | 危険の状況 / 住民等の行動の例                                                                             |                                                                          |
|---------------------------------|-----------------------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                       |           | 土砂キキクル（土砂災害）                                                                                 | 洪水キキクル<br>(外水氾濫、湛水型内水氾濫)                                                 |
| <濃い紫><br>極めて危険                  | —                     |           | ○すでに土砂災害発生危険基準（注2）に到達<br>○極めて危険（命に危険の及ぶ土砂災害がすでに発生しているにもかかわらずおかしくない極めて危険な状況）。この段階の前に避難を完了しておく | ○すでに「警戒基準を大きく超過した基準」に到達<br>○重大な洪水災害がすでに発生しているおそれが高い極めて危険な状況              |
| <薄い紫><br>非常に危険                  | 避難指示                  | 4相当       | ○2時間先までに土砂災害発生危険基準（注2）に到達<br>○土砂災害警戒情報が発表される<br>○速やかに土砂災害警戒区域等の外の少しでも安全な場所へ避難する              | ○3時間先までに「警戒基準を大きく超過した基準」に到達<br>○河川水位が一定の水位を超えている場合には速やかに避難する             |
| <赤><br>警戒                       | 高齢者等避難                | 3相当       | ○2時間先までに大雨警戒基準に到達<br>○避難の準備が整い次第、土砂災害警戒区域等の外の少しでも安全な場所へ避難する。高齢者等は速やかに避難する                    | ○3時間先までに「警戒基準」に到達<br>○河川水位が一定の水位を超えている場合には、避難の準備が整い次第、避難する。高齢者等は速やかに避難する |
| <黄色><br>注意                      | —                     | 2相当       | ○ハザードマップ等により避難行動を確認する。今後の情報や周囲の状況、雨の降り方に注意する                                                 | 同左                                                                       |
| <土砂：無色><br><洪水：水色><br>今後の情報等に留意 | —                     |           | ○今後の情報や周囲の状況、雨の降り方に留意する                                                                      | 同左                                                                       |

(注1) 内閣府のガイドラインで発令の目安とされる避難情報

(注2) 気象庁のサイトでは「土砂災害警戒情報の判断基準」となっているが、その定義から「土砂災害発生危険基準」の呼称が適当であり、わかりやすいと思われる。

表 2-2 浸水キキクル（短時間降雨による浸水害）の表示色の意味（注）

| 色が持つ意味         | 危険の状況 / 住民等の行動の例                                                       |
|----------------|------------------------------------------------------------------------|
| <濃い紫> 極めて危険    | ○すでに「警戒基準を大きく超過した基準」に到達<br>○重大な浸水害がすでに発生しているおそれが高い極めて危険な状況             |
| <薄い紫> 非常に危険    | ○1時間先までに「警戒基準を大きく超過した基準」に到達<br>○周囲の状況を確認し、各自の判断で、屋内の浸水が及ばない階に移動する      |
| <赤> 警戒         | ○1時間先までに「警戒基準」に到達<br>○安全確保行動をとる。準備が整い次第、早めの行動をとる。高齢者等は速やかに安全確保行動をとる    |
| <黄色> 注意        | ○今後の情報や周囲の状況、雨の降り方に注意。ただし、各自の判断で、住宅の地下室からは地上に移動し、道路のアンダーパスには近づかないようにする |
| <無色> 今後の情報等に留意 | ○今後の情報や周囲の状況、雨の降り方に留意する                                                |

(注) 浸水キキクルは短時間豪雨による「住宅の地下室」、「道路のアンダーパス」、「周囲より低い場所（窪地など）」の浸水危険度を表示する。浸水キキクルでは避難情報及び警戒レベルとの対応関係は示されていないが、それに準じた対応を検討する必要がある。

表3 防災気象情報、土砂キキクル、避難情報、警戒レベルの一般的関係

| 防災気象情報       | 土砂キキクル        | 発令の目安とされる避難情報 | 警戒レベル |
|--------------|---------------|---------------|-------|
| 大雨特別警報（土砂災害） | —             | 緊急安全確保        | 5     |
| —            | 濃い紫（極めて危険）    | —             | —     |
| 土砂災害警戒情報     | 薄い紫（非常に危険）    | 避難指示          | 4     |
| 大雨警報（土砂災害）   | 赤（警戒）         | 高齢者等避難        | 3     |
| 大雨注意報        | 黄（注意）         |               | 2     |
| 早期注意情報       | 無色（今後の情報等に留意） |               | 1     |

表4 キキクルを補完する「今後の雨」及び「雨雲の動き」画面の特徴

|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 今後の雨（降水短時間予報） | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 最新時点から6時間先までの1時間、3時間、24時間の予測雨量を地図上に表示できる。また、最新時点まで（及び12時間前までさかのぼって）の1時間、3時間、24時間の累積雨量を地図上に表示できる。これにより、これまでの累積雨量と今後の予測雨量を容易に把握できる</li> <li>○ 画面内の「現在地表示」を選択すれば、現在地及び周辺の累積雨量（実績と予測）を把握できる</li> <li>○ 線状降水帯も表示できる</li> <li>○ 画面更新は10分毎</li> </ul> |
| 雨雲の動き（ナウキャスト） | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 最新時点から60分先までの5分毎の降水強度（その強度の雨が60分間継続したときの雨量＝1時間雨量）を地図上に表示できる。また、3時間前までにさかのぼって降水強度を地図上に表示できる</li> <li>○ 画面内の「現在地表示」を選択すれば、現在地及び周辺の降水強度を把握できる</li> <li>○ アメダス10分間雨量、線状降水帯も表示できる</li> <li>○ 画面更新は5分毎</li> </ul>                                    |

## 2.2 イメージトレーニング

このイメージトレーニングは、表5の「対応記入票」（使用時はA3に拡大してください）を用いて以下のように行います。

### (1) 対応記入票への記入

対応記入票に示した想定（雨量、キキクル、気象情報）は、2014年8月20日に発生した広島市土砂災害（死者77人（関連死含む））のデータをアレンジして作成しました。広島市土砂災害については、本連載の第81～85回で扱っていますので参

考にしてください。

トレーニングでは、この想定を前提に、「①状況の予測」、「②あなたの対応」、「③悩み・課題」の3つの記入欄に記入します。

対応記入票には、一人（独力で）で記入します。なぜなら、我がこととして自分の頭で考えることにより自分の力量を知り、課題が明確になるからです。

なお、「①状況予測」欄の記載が難しいと感じる場合は省略してもかまいません。

表5 状況予測型図上訓練（イメージトレーニング方式）

## 【 対 応 記 入 票 】

| 水曜日<br>時刻 | 雨量（注1） |        |        | キキクル / 気象情報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | ① 状況の予測<br>表示の時間帯において、あなたの周囲や管内で起きている状況を予測してください                                                       | ② あなたの対応<br>あなたの役割に照らし、①で予測した状況下で、とるべき意思決定・行動を記入してください | ③ 悩み、課題<br>①の「予測」や②の「対応」に際しての悩みや感じられた課題などを記入してください |
|-----------|--------|--------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
|           | 1時間    | 3時間    | 24時間   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                        |                                                        |                                                    |
| 15-16     | 0 mm   | 20 mm  | 45 mm  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 下記の（ ）内は記入例                                                                                            |                                                        |                                                    |
| 16-17     | 5 mm   | 25 mm  | 50 mm  | 16:40 土砂キキクル「黄」が5か所<br>16:43 大雨注意報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                        |                                                        |                                                    |
| 17-18     | 30 mm  | 35 mm  | 80 mm  | 17:40 線上降水帯出現、北東方向に移動傾向<br>【雨雲の動き】（注2）<br>17:50 土砂キキクル「赤」が6か所、「黄」が10か所<br>17:51 大雨警報（土砂災害）                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                        |                                                        |                                                    |
| 18-19     | 90 mm  | 125 mm | 170 mm | 18:10 土砂キキクル「薄紫」が8か所、「赤」が17か所<br>18:11 土砂災害警戒情報（第1号）<br><br>18:20 凸凹川で洪水キキクル「黄」<br><br>18:30 浸水キキクルの「薄紫」が30か所、「赤」が12か所<br><br>18:40 100 mm/h 相当強度の降雨エリアが線状降水帯内に出現【雨雲の動き】<br>18:40 土砂キキクル「濃い紫」が15か所、「薄紫」が20か所<br>18:40 浸水キキクル「濃い紫」が20か所<br><br>18:50 凸凹川で洪水キキクル「赤」<br>18:55 120 mm/h 相当強度の降雨エリアが線状降水帯内に出現。線上降水帯がA地区、B地区、C地区の上に止まる傾向【雨雲の動き】<br>18:58 日没 | （この頃から「家の中に水が入ってきた」などの119通報入り始める）<br><br>（時間を経ずして通報が急増。ただし、この時点の通報の多くは、家屋浸水、道路冠水等）                     |                                                        |                                                    |
| 19-20     | 110 mm | 230 mm | 280 mm | 19:10 土砂キキクル「濃い紫」が約40か所<br>19:10 浸水キキクル「濃い紫」が約35か所<br><br>19:20 線上降水帯がA地区、B地区、C地区の上から動かず【雨雲の動き】<br><br>19:40 凸凹川など3河川で洪水キキクル「薄紫」<br>19:41 大雨特別警報（土砂災害、浸水害）<br><br>19:49 記録的短時間大雨情報（第1号）                                                                                                                                                               | (119通報が鳴りやまず)<br>(コールセンター・シンдрーム（注3）の発生懸念)<br><br>(豪雨集中地域で停電が頻発)<br><br>(この頃、最初の生き埋め救助119要請。以降、救助要請殺到) |                                                        |                                                    |

(注1) 「今後の雨（降水短時間予報）」画面において当該時点までの1時間・3時間雨量が最大となっているエリアの値を示している。

(注2) 「雨雲の動き（ナウキャスト）」画面の機能を活用（以下同じ）。線状降水帯は「今後の雨」画面でも確認できるが、「雨雲の動き」画面は更新間隔が短く、タイムラグが小さい。

(注3) 災害時に殺到する「問い合わせ」電話等により災害対策本部（事務局）や消防の指令管制室等の指揮中枢機能が麻痺状態に陥る現象



---

## (2) 記入時間

記入時間は自由ですが、制限を設ける場合は20～30分が目安になります。

「悩み・課題」について意見交換すれば研修効果は一段と高まります。

## (3) 検証

「①状況の予測」欄の（ ）内の記入例は、広島市土砂災害時に実際に生じた状況です。これらと照合しながら「対応」の検証を行ってください。

## (5) その他

表5では豪雨となった時刻を18時～20時と設定しています。しかし、実際の広島市土砂災害では豪雨のピークは深夜の2時～4時でした。トレーニングの振り返り際には、この時間帯の豪雨であったならばどのような課題が生じるか、どのように対応するべきかについても考えてみてください。

## (4) 意見交換

参加者が複数人の場合、記入後に「対応」や

### ＜参考＞ キキクルをスマートフォンのホーム画面に追加する方法（Androidの場合）

- |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"><li>① 「キキクル」と検索</li><li>② 「キキクル（危険度分布）気象庁」と表示されたサイトをタップ</li><li>③ 表示画面の右上のメニューアイコン（縦に並んだ3つの点）をタップ</li><li>④ ホーム画面に追加をタップ</li><li>⑤ ホーム画面に追加 「押し続けると、手動で追加できます」操作をするか、「自動的に追加」をタップする</li><li>※ 同様の方法で、「今後の雨（降水短時間予報）－気象庁」、「ナウキャスト（雨雲の動き・雷・竜巻）－気象庁」もホーム画面に追加しておくことを推奨。</li></ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

# 大規模遊技場のバランススクーターからの出火事案について

京都市消防局予防部予防課

## 1 はじめに

本事案は、大規模遊技場で使用されているバランススクーターの一部が焼損したもので、同種遊具に内蔵されているリチウムイオン電池の不具合によるものと推定されたが、鑑識調査を行った結果、制御盤基板から発火したものであることが判明した。

また、近年は電動キックボードを始めとする同種遊具の普及が進んでおり、製造業者から遊技場へ届くまで複雑な流通経路であることもあり、本事案を紹介する。

## 2 火災の概要

### (1) 発生日時

令和元年12月 午前6時台（営業時間外）

### (2) 発生場所

京都市内 大規模遊技場

### (3) 被害状況

耐火構造6階建て延べ12,776㎡の6階廊下に置かれていたバランススクーターの一部焼損。

人的被害はなし。

## 3 現場状況と調査結果

- (1) 火災当日状況：出火時は営業時間外（午前6時～午前10時）で、建物内は施錠のため、関係者以外出入りできない。
- (2) 初発見状況：初発見者は開店準備中の従業員（清掃員）で、6階廊下で煙が漂っているのを確認している。
- (3) 通報状況：通報は警備会社の警備員で、自動火災報知設備の移報受信→火災の有無を確認するため、遊技場に電話を掛けたが応答がなかった。

同警備員は火災の可能性があると判断し、119番通報を実施した。

- (4) 初期消火状況：初発見者が初期消火を実施。

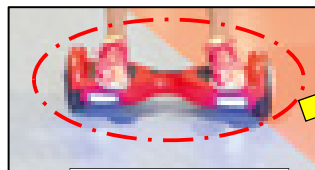
6階廊下のバランススクーター収納庫内のバランススクーター1台から黒煙が上がっているのを発見後、充電コードを抜き、同収納庫を解錠し、廊下に設置の消火器で初期消火し、鎮火させた。



## 4 バランススクーターについて

バランススクーターとは写真の製品で、近い製品では電動立ち乗り二輪車がある。

足を乗せて重心を掛けると重心を掛けた方向に進んだり、旋回する乗り物である。



使用時の状況



焼損品と同等品

## 5 現場での焼き状況の確認

- (1) フレームの可動部分を中心として、片側のみの焼きが認められた。
- (2) 鉄製の収納庫に収納されていたが、庫内に焼きは認められなかった。
- (3) ACアダプタ、充電コード及びコンセントプラグ部分にも焼きは認められなかった。



※ 調査の結果、火災は本体充電中に発生したことが判明。

原因は本体の内部で何らかの異常が発生し、出火したものと推定され、焼き物を収去し後日、鑑識を実施することにした。

## 6 製品情報

- (1) 製品名：バランススクーター
- (2) 年式：2017年製（2019年5月に電池交換を実施）
- (3) 流通経緯及び保有状況  
右図のとおり

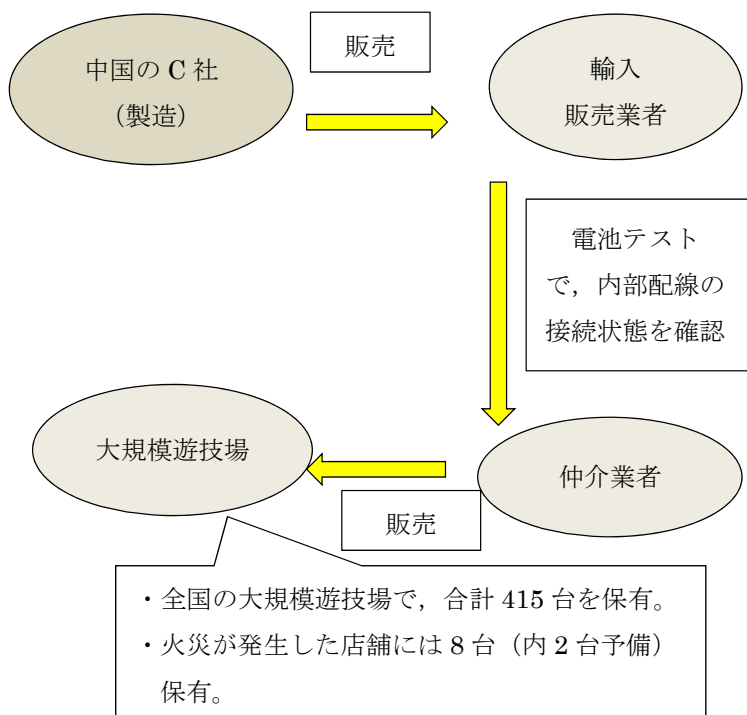
- (4) 使用回数

遊技場では、バランススクーター1台当たりの貸し出し状況は1回20分で、1箇月間に約160回使用（1日約5回）されている。

降雨では使用されないが、雨が上がった濡れた路面上で使用することはある。

- (5) リコールについて

当製品はリコール対象にはなっていない。



## 7 鑑識結果

### (1) 構造

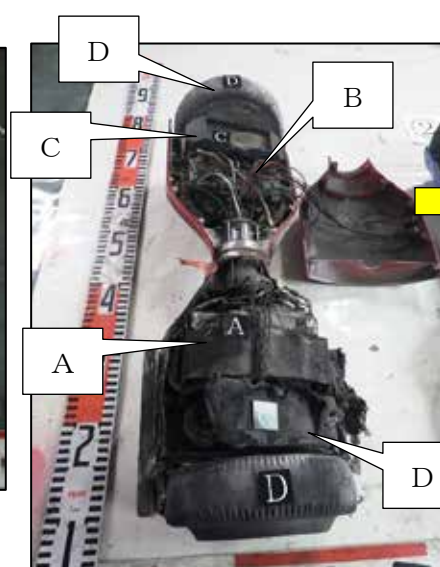
動態平衡原理を利用し、前進、後退、旋回及び停止をコントロールできる立ち乗り式電動二輪車である。

平行に配置された2つの車輪があり、その間にプレートが繋がっている。

プレートの上部には足踏みボードがあり、ボードに乗って重心を掛けると、重心を掛ける方向により前後左右に動作するものである。



### (2) 内部構造



|   |              |
|---|--------------|
| A | 電池パック        |
| B | メイン基板        |
| C | サブ基板         |
| D | タイヤ内<br>モーター |

(サブ基板は水平感知機能を有している。)

### (3) 焼き状況

#### 本体

フレームの中央可動部分を中心として、電池側のみに焼きが認められた（メイン基板側に焼きは認めず）。

電池側の表面タイヤホイールの内側に焼きが認められた。

#### バッテリーパック

リチウムイオン電池セル20本（10直2列36V）から構成。（充電時は42V）

リチウムイオン電池セルが破裂し、3本に熱暴走が認められた。

樹脂製セパレータ及びアルミ箔が焼失。銅箔のみが残存（外側部分が焼失、残存部も分解時に粉々になった。）

熱暴走とは、不測の発熱が更なる発熱を招き、温度の制御が出来なくなり、機器が破損してしまう現象をいう。

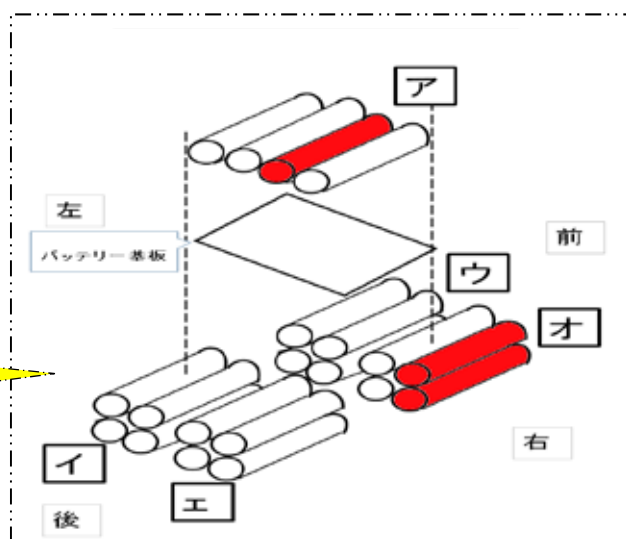




バッテリーパック内のバッテリー基板の配置  
右図はバッテリーの配置図で、赤で塗られたものが破裂したセルになる。

イ、ウの8本とアの2本、エ、オの8本とアの2本がそれぞれバッテリー基板を挟んでつながり、10直2列の構成になっている。

赤で塗られたセル（3本）は、破裂したセル（内部暴走している。）



#### (4) 破裂したリチウムイオン電池のセルを展開



赤矢印：外側に飛び出したリチウムイオン電池（3本）



破損したセルを展開



銅箔のみが残存  
（外側部分が焼失）  
↓  
外部から受熱？

#### (5) バッテリー基板

プリント基板の回路パターンが露出。

バッテリー基板の一部に炭化（グラファイト化）が認められ、電気的な異常の可能性が考えられる。

#### (6) 充電時の状況

充電時には2 Aの電流が発生している。（通常作動時は1 A）

安全装置に過電流保護機能が付加されている。前日の午後6時頃から充電を開始。（当日午前10時に離脱予定）

充電コードに短絡，断線及び焼きは認められず，コンセントプラグ及びコンセント部分にも異常や焼きは認められなかった。



## 8 考察

#### (1) バッテリー

リチウムイオン電池セル3本の破裂を確認。

内部短絡等のバッテリーセル内の異常により発生した可能性があるが、銅箔については外側の焼きが強く、基板の発炎による外部受熱により熱暴走が発生した可能性もあるため、どちらかの判断はできなかった。

#### (2) 基板

バッテリー基板の一部の炭化部分にグラファイト化（ $25\Omega$ ）が認められ、同箇所付近に約1 Aを約1 cm 間隔で通電したところ発炎した。基板の局所的なグラファイト化は、通常の火災熱では発生しにくいことから、基板上で何らかの電气的異常があったと考えられる。

基板の焼欠部分はバッテリーセルの底面に位置し、熱暴走時の火炎が噴出する安全弁側でないため、強い火炎によるグラファイト化の可能性は低い。





大規模遊技場では、バランススクーターを濡れた路面で使うことがあるとのこと。

水分混入の可能性あり

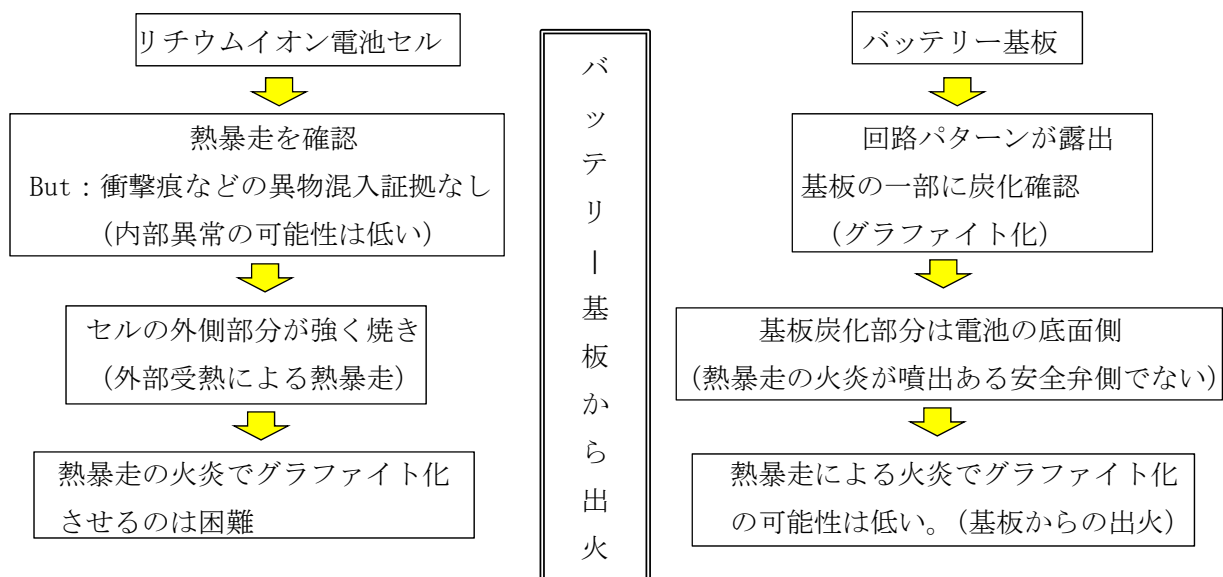
本体内部に水分が混入するとどうなる？

本体内部の基板（メイン基板、バッテリー基板等）に水分が混入した場合、通電を繰り返す

と、絶縁状態である基板が局所的に炭化し、導体状態になる（グラファイトが発生）

### (3) 出火原因の究明

#### 出火原因は？



#### (4) 出火原因

バランススクーターを濡れた路面で使用→バッテリーパックの内部に水分の混入→基板がグラファイト化し、通電した際に出火→基板に接していたリチウムイオン電池が、基板の燃焼で受熱→外側部分から内部のセパレーターを溶融させて内部短絡を誘発し、熱暴走を開始し拡大したものと推定。

#### (5) 関係機関等との連携及び指導事項

- ア 本事案の調査は、大規模遊技場本部職員、仲介業者、輸入販売店及び独立行政法人製品評価技術基盤機構（N I T E）と合同で実施。  
本調査を進めていくうえで、今後の対策や、提案などが上がった。
- イ 大規模遊技場本部職員等に電気機器の出火の危険性を認識してもらうために、グラファイトの生成実験を展示した。



#### グラファイトの生成実験

合成樹脂上に食塩水を垂らし、1Aの電流を流し、グラファイトを生成（実際にグラファイトが生成される前兆である臭いや煙の発生を展示した。）

#### (6) 調査後の改善事項等

| 内 容                    | 改 善 前                     | 改 善 後                         |
|------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| 充電状況                   | 店舗が無人状態でも充電<br>閉店後に充電していた | 営業時間中に充電<br>充電時は必ず従業員を配置する    |
| 点検（1箇所月毎）              | 表面カバーを外し外観点検              | 通電試験による発熱，発煙の確認の追加            |
| 防水及び振動対策<br>（樹脂ポッティング） | 実施されていない                  | 今回は改善を見送るが，今後の発生状況等により対策を検討する |

## 9 最後に

今回の出火事案は原因の推定に至るまでに時間を要したが、仲介業者や大規模遊技場本部の職員と合同で鑑識を実施することで、広く関係者に出

火の危険性を認識させることができた。

また、今後の改善にまで結び付けることができたことは成果の一つであり、火災調査や鑑識は火災予防上重要な業務だと再確認した。



## 予防技術資格者の育成について

消防防災科学センター消防支援室

### 1 はじめに

予防技術資格者制度は、予防行政の根幹を支える制度として、消防力の整備指針（平成12年1月20日消防庁告示第1号）が平成17年に改正され、各消防本部及び消防署には予防技術資格者を一人以上配置するものと規定されました。（第32条第3項）

平成26年の改正では、兼務の警防隊員が消防用設備等の設置が必要な防火対象物に立入検査を実施するに当たっては、予防技術資格者である警防要員を充てることとされました。（第33条第4項）

しかしながら、近年、予防業務に関する豊富な知識、技術、経験を持つ予防技術資格者の大量の退職に伴って、消防本部によっては予防業務の継続性及び予防技術・知識の低下が憂慮される事態になっております。

このような現況に鑑み、予防技術資格者の充足が喫緊の課題であることから、一般財団法人消防防災科学センター（以下「当センター」という。）では、総務省消防庁、全国消防長会、各消防本部等のご指導、助言をいただき、平成28年度から予防技術資格者の資格取得支援事業の一環として、予防技術検定受検者開拓と合格率向上のために予防技術検定学習テキストとして「共通科目編」、「防火査察科目編」、「消防用設備等科目編」、「危険物科目編」の4種類を作成し、予防技術検定を受検する方々に提供させていただいております。

当センターでは、全国消防長会の協力を得まして、令和3年度は全国9ブロック27箇所です予防技術検定受検準備講習会（以下「準備講習会」という。）を実施したところです。

### 2 予防技術検定の概要

#### (1) 予防技術資格者とは、

消防本部及び消防署には、建築物の大規模化・複雑化等に伴い高度化・専門化する予防業務を的確に行うため、火災の予防に関する高度な知識及び技術を有する「予防技術資格者」を配置することとされています。

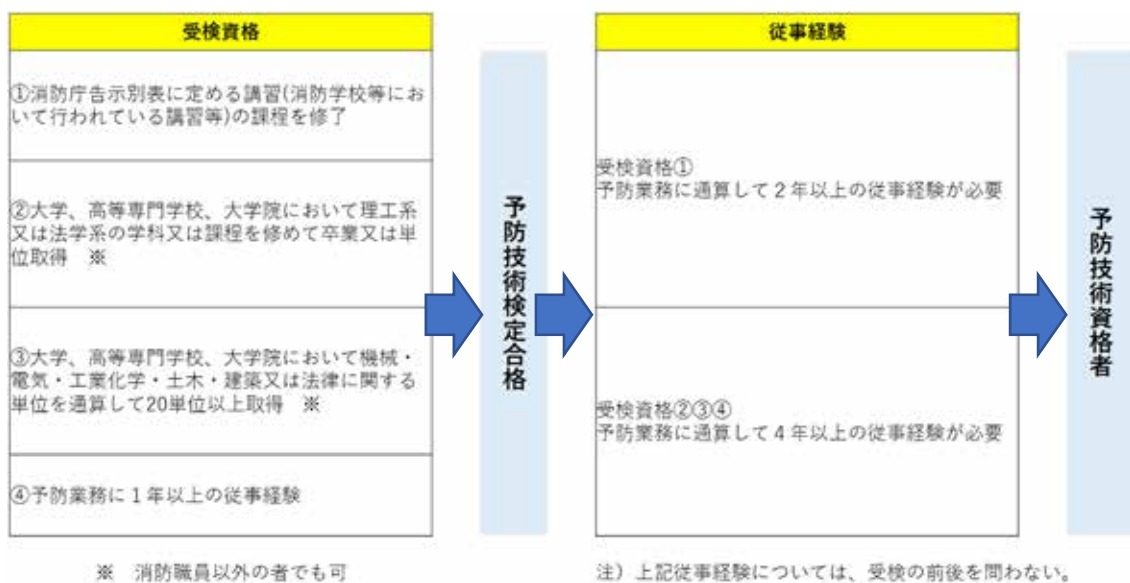
#### (2) 予防技術検定とは、

予防技術資格者になるためには、予防技術検定に合格する必要があります。

#### (3) 予防技術検定の受検資格

予防技術資格者になるための受検資格と予防業務従事経験は、次のとおりです。





### 3 受験準備講習会の開催状況

令和3年度の開催状況は、表2のとおりです。

表2 令和3年度開催状況

| ブロック名     | 開催場所                        | 防火査察科目 | 消防用設備等科目 | 危険物科目 | 参加人員 |
|-----------|-----------------------------|--------|----------|-------|------|
| 北海道       | 札幌市、函館市                     | 58     |          |       | 58   |
| 東北        | 仙台市、福島市<br>新潟市              | 60     | 58       |       | 118  |
| 関東        | 土浦市、成田市<br>さいたま市<br>宮代町、横浜市 | 101    | 82       | 39    | 222  |
| 東海        | 浜松市、岐阜市<br>四日市市             | 68     |          |       | 68   |
| 東近畿       | 草津市、奈良市                     | 28     | 26       |       | 54   |
| 近畿        | 豊中市、堺市<br>尼崎市               | 81     | 39       | 34    | 154  |
| 中国        | 岡山市、下関市                     | 18     | 26       |       | 44   |
| 四国        | 徳島市                         | 19     |          |       | 19   |
| 九州        | 筑紫野市<br>鳥栖市                 | 39     | 30       |       | 69   |
| 小 計       |                             | 472    | 261      | 73    | 806  |
| 追加分<br>関東 | 宮代町、常総市<br>佐倉市              | 162    |          |       | 162  |
| 合 計       |                             | 634    | 261      | 73    | 968  |

※ 新型コロナウイルス感染拡大の影響で、各会場とも大幅に収容人員が制限され、受講希望者の要望に添うことができませんでした。なお、消防本部のご理解・ご協力を得て、同一開催地で複数回実施したケースがありました。

## 4 令和3年度の予防技術検定の結果

令和3年度予防技術検定の受検者数、合格者数等については、次のとおりです。

| 検定区分   | 受検申請者数 | 受検者数   | 合格者数   | 合格率   |
|--------|--------|--------|--------|-------|
| 防火査察   | 4,773名 | 4,548名 | 1,711名 | 37.6% |
| 消防用設備等 | 2,622名 | 2,506名 | 1,093名 | 43.6% |
| 危険物    | 2,250名 | 2,123名 | 1,266名 | 59.6% |
| 合 計    | 9,645名 | 9,177名 | 4,070名 | 44.4% |

## 5 準備講習会受講者の感想

### 札幌市消防局



受検区分：「防火査察」  
氏 名 飯 島 慎 也

#### 感想文

私は令和2年4月から消防署の予防課に配属になり、それまで在籍していた警防課とは異なる事務や知識に戸惑いながら業務を行う中で、日々知識不足であることを痛感しており、「まずは身近な査察業務に絞って学習したい」「学習するからには目標を持ちたい」と感じたことが、予防技術検定を受検した動機となりました。

事前準備の段階において、市販テキストを中心に学習をしていましたが、消防防災科学センター主催の「予防技術検定受検準備講習会」が無料で受講できることを知り、参加しました。当該講習会では、独自テキストと練習問題を中心に、その場で演習と解説を繰り返し行うことで効率良く知識を蓄積できたと思います。

検定当日についても、問題の解き方や回答のスピード感を当該講習会で身に付けることができていたため、無事合格することができたと思っています。本検定の受検及び当該講習会への参加は、予防業務の知識を深める上で良いきっかけになったと思います。

## 福島市消防本部



受検区分：「防火査察」

氏名 鈴木 一 磨

### 感想文

過去の予防技術検定で「防火査察」を受検し、合格することができなかったため、今回受検させていただくにあたり、学習の計画や方法などに不安がありました。以前まで私が行っていた市販の参考書を活用し、問題数をこなす学習方法が自分に合っているのか疑問を感じていたため、思い切って先輩職員に助言を求めました。そこで知ったのが消防防災科学センター主催の「予防技術検定受検準備講習会」でした。講習ではテキストに沿って予防技術検定に出やすい箇所や注意すべきポイントなどを講師の方が分かりやすく説明してくださるので理解を深めることができました。その上で過去問や類似問題を解くことにより予防技術検定の出題傾向が徐々に分かり、効率の良い学習に繋げることができました。

最後に、今回の受検を通して目標を持ち、それに向かって努力する大切さを改めて実感しました。今回の結果に満足することなく、中堅職員としての役割を果たし、職務を全うしていきたいと思います。



受検区分：「防火査察」

氏名 伊 藤 勝 史

### 感想文

平成29年度に消防用設備等、平成30年度に危険物の検定科目に合格し、令和元年度に現場職から本部予防課へ異動となり、現在消防設備の担当として3年間勤務をしています。

その経験を活かして今回残りの1科目である防火査察を受検する決意をいたしました。

今回は予防技術検定の準備講習会が福島市の会場で行われることもあり、科目が防火査察であることからまさにいい機会だと思い、講習会を受講しました。担当していただいた講師先生から過去の予防技術検定の出題傾向を基に、重要なポイント及びアドバイスをいただき、自分の中でどのように学習するかイメー

ジを湧かせることができました。

その後、講習会でいただいたテキスト及び過去問題集をはじめ、防火査察に関するテキスト等を活用しながら学習し、理解ができない部分は上司に教わりながら理解度を深めました。その甲斐もあって、受検当日は自信をもって予防技術検定に挑むことができ、結果合格することができました。

今回の受検にあたりサポートいただいたみなさまに感謝し、学習をとおして得た知識を忘れず、今後の消防業務に活かしていきたいと思います。

## 埼玉東部消防組合消防局



受検区分：「危険物」

氏 名 山 岸 裕 介

### 感想文

まず初めに、このような貴重な機会を設けてくださり、誠にありがとうございました。

前回、「防火査察」の予防技術検定を受検するにあたり、本講習を受講させていただき、非常に有意義な研修であったと感じたので、今回、「危険物」の講習を受講させていただきました。

講習内容は、予防技術検定学習テキストをもとに、法令解説や最近の予防技術検定の傾向及びその対策など、とても解りやすい内容でした。また、講師の経験談も聞くことができ、合格への手助けになったことはもちろん、日々の予防業務への理解も深まりました。

今回、「防火査察」、「消防用設備」の講習を受講した他の職員からも、その後の学習に大変参考になり、有意義な講習会であったと聞いております。

また、テキストも要点などが解かりやすくまとめられており、日々の業務においても活用させていただいています。

今後とも、今回の受講を通して習得した知識を、今後の予防業務に活かし、さらなる知識の向上に努めていきたいと思っています。



受検区分：「防火査察」

氏名 鈴木 健 生

#### 感想文

私が予防技術検定受検準備講習を受講した理由は、自身が予防業務に携わることが多いことから、知識の向上を図る予防技術検定を受検するためです。

私の学習方法は、約4か月前からテキストを熟読し問題集を解くという方法でした。問題集では、1問が4択の問題ですが、答え合わせ時に4択問題の全てについて、何が合っていて何が間違っているかを理解してから次の問題に進むという方法で学習をしました。

今回、当組合において、消防防災科学センターが主催する予防技術検定受検準備講習会が開催されると知り、はじめて参加させていただきました。講習会では、重要なポイントや出題傾向などを知ることができ、合格へのきっかけとなりました。

実際の予防技術検定は難しく感じましたが、準備講習を受講するなどして十分な準備をすることができたこともあり、問題の答えを確実に絞ることができました。今回の予防技術検定で学習した知識を忘れることがないように、これからも勉強を継続し、職務に活かしていきたいと思います。今後は、消防用設備等、危険物にも挑戦し、合格できるよう自己啓発に努めたいと思います。

#### 常総地方広域市町村圏事務組合消防本部



受検区分：「防火査察」

氏名 宮 田 兼 太

#### 感想文

私は、消防士を拝命して12年目になります。現在は、消防本部総務課に勤務しており、主に経理関係の事務に従事しております。この度、予防技術検定を受検するきっかけとなったのは日々高度化する予防行政において、一消防士である私が、いざ査察を行う責任者になった時のことを考えると、その責務の重大



性から大きな不安を感じたため、資格取得を目指すことにしたものです。立入検査において、事業所の不備事項に対する指導を消防吏員が怠り、従業員並びに住民の命に危険を及ぼすようなことは絶対にあってはなりません。本検定に取り組むことが、防火査察業務の根幹的な知識の習得に繋がるものと考え受検を志願したところです。

当初は検定対策として、市販されている参考書や問題集を活用していましたが、それだけでは理解が深まらず悪戦苦闘していたところ、消防防災科学センターが主催する講習の開催案内がありましたので直ぐに受講を申し込みさせていただきました。当日の講習会では講師の方々より、消防法令に関しての知識が浅い私たちに分かり易く、そして丁寧に解説しながら教えていただき、私にとっては大変有意義な講習になりました。特に準備講習会のテキストは項目ごとに要点が抑えられている充実した内容になっており、講義と併せて活用することで、一段と理解を深めることに繋がるものでした。正に合格の近道になった講習会であったと改めて感謝しております。

今後、本講習を通して習得した知識を十分に活かし、現場での防火査察を含めた予防業務全般に尚一層邁進して行きたいと思います。

## 逗子市消防本部



受検区分：「防火査察」

氏名 石川 卓也

### 感想文

今回、私は初めて予防技術検定を受検するということもあり、予防技術資格者である同僚から話を聞いていたところ、こちらの準備講習を勧められましたので、受講させていただきました。

講習で使用するテキストや練習問題等の資料は要点がまとまっており、講師の説明が加わることでより理解が深まったと思います。テキストについては、予防技術検定直前まで活用させていただき、効率よく勉強することができました。今でも業務中に確認したいことがあれば開くこともあります。

受検勉強をする過程で、基本的な内容の再確認や、複雑と感じていた違反処理の流れまで必要な知識を学ぶことができたのは、予防業務歴の浅い私にとって良い機会となりました。

そして今回、無事に合格できたことは、自信に繋がったとも思います。

今後、他の区分を受検する機会がありましたら、その時はまた準備講習に参加させていただきたいと思っています。



受検区分：「防火査察」

氏名 木村 和也

感想文

私は、普段、警備係として勤務しておりますが、このたび、予防技術検定を受検させていただくことになりました。中堅幹部として、更なる知識習得と技術向上をすべく積極的に勉学に励みました。

受検するにあたり、消防防災科学センターの受検準備講習に参加しました。1日を通しての講習ではありましたが、講師の方が経験された悪質な違反対象物に対しての是正指導の体験談等も聞くことができ、飽きることなく受講でき、予防技術検定受検対策の一助となりました。

準備講習では練習問題を実施する時間はあまりなかったため、テキスト、問題集及び消防基本六法による自学自習も合わせて、受検対策を行いました。

結果、今回の検定を合格することができました。今後は、受検講習で教えていただいた実体験等を参考にし、予防技術資格者として、内容の濃い『査察』をするだけでなく、人材育成にも積極的に取り組み、組織の予防技術向上に取り組んでいきたいと思います。



受検区分：「防火査察」

氏名 北落 雅己

感想文

予防技術検定、防火査察の受検に伴い、当市で開催された準備講習に参加しました。講習では講師の方が出題頻度の高い順に説明されており、学習をする上で優先順位を確立させ効率的かつ計画的に学習することができました。また、予防業務の経験が乏しく、法令読解が苦手な私にとって、予防経験が豊富な方からの解説はとても参考になり、学習の質の向上にも繋がりました。

当市消防局では、組織における予防技術の底上げを図るため、予防技術資格者の養成に力を注いでおり、

今回の準備講座においても、多数の職員が参加しました。準備講習でインプットした内容を講習後に受講者同士でアウトプットすることにより、知識の定着に繋がり、合格することができたと感じております。

最後になりますが、今回得た防火査察に係る知識を日々向上させ、予防業務に活かしていきたいと思えます。

## 鳥栖・三養基地区消防事務組合



受検区分：「防火査察」

氏名 鮫 島 良 太

予防技術検定準備講習会を受講して

予防業務に携わることが2年目となった今年度、査察の際の適正な指導や各種届出業務の遂行、モチベーション向上を動機に予防技術検定の受検を決意しました。

幸いにも所属本部から公費での受検、時間外勤務手当での消防防災科学センター主催の受検準備講習会の受講や、予防技術検定当日の受検といったバックアップを頂きました。講習会では、センターから派遣された講師による、予防の基礎から違反処理の流れまで、事例を交えた説明があり、とても分かりやすくとても有意義な時間となりました。重点的に教えて頂いた内容の出題も多く、受検準備講習会の受講によって合格できました。

所属本部には予防技術検定全てを合格し、予防技術資格者として日常の予防業務に従事する上司や先輩方がおられ、知識量の凄さに敬服いたします。地域の安心・安全のため日々適正な業務を遂行する身近な方々を目標に、自身も研鑽を重ね今後ステップアップしていく考えです。



受検区分：「防火査察」

氏名 鶴 田 文 哉

予防技術検定受検準備講習会を受講して

予防業務に従事するなかで各種届出の処理や査察等を行う際に、知識不足を痛感することが多々ありました。そんな時、先輩方に予防技術検定は勉強になると勧められ受検を希望しました。予防技術検定の防火査察を受検するにあたりテキスト等で知識の取得を試みていましたが、理解を深めることが難しく過去問等を解いたりしましたが、中々点数が上がりませんでした。

今回、予防技術検定準備講習会を受講し、講師より、法令を正しく知ること、法令のできた背景、予防の基礎、違反処理など、実際にあった事例などを基に教えていただき、知識の習得及び理解を深めることができ、検定時は自信を持って回答し合格することができました。これは、受検準備講習会を受講したことにより効率よく学習ができたからです。

予防技術検定にて学んだ知識を活かし、これからも日々研鑽を積み知識を深めることにより、各種届出の処理、査察等において適切な業務を遂行していきたいです。

## 6 おわりに

予防行政の中核を担う予防技術資格者の確保及び資質の向上が急務であることから、センターでは、消防庁のご指導の下、全国消防長会、各消防本部と連携するとともにご協力を得て、引き続き資格取得の支援を行ってまいりますので、今後とも当センターに対するご支援、ご協力をお願いいたします。



予防技術学習テキスト



講習風景

連載  
講座

# 河川を指定した特別の洪水予報

気象予報士（元気象庁） 饒 村 曜

## 1. 二種類ある洪水予報

洪水予報には、一般の利用を目的としたものと、水防活動を目的にしたものがあります。一般利用の洪水予報は、気象庁が都道府県をいくつかに分割した二次細分地域ごとに発表する洪水注意報や洪水警報で、表題に特定の河川名は入りません。

これに対し、水防活動を目的とした洪水予報に、指定河川洪水予報があります。これは、気象庁が河川管理者と共同し、あらかじめ指定した河川の水位または流量を示した洪水予報です。河川を指定して行う洪水予報ですので、「指定河川洪水予報」といいます。「〇〇川洪水警（注意）報」と、標題には必ず河川名が入っていますが、平成19年からは、市町村や住民がとるべき避難行動等との関連が理解しやすいようにレベル化されています。

指定河川洪水予報は、河川名と表1の危険度のレベルに応じた情報名とを組み合わせで発表しますが、時間の流れで図示すると、図1のような順序で発表となります。

川の下流では、上流に降った雨が流れてきますので、雨が止んでも、指定河川洪水予報のレベルがなかなか下がらないことがあ

表1 指定河川洪水予報の発表基準と発表された場合にとるべき対応

| 洪水予報の標題（種類）      | 発表基準                                                            | 市町村・住民に求める行動の段階                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 〇〇川氾濫発生情報（洪水警報）  | 氾濫の発生                                                           | 氾濫水への警戒を求める段階（警戒レベル5相当）                           |
| 〇〇川氾濫危険情報（洪水警報）  | ・氾濫危険水位に到達<br>・氾濫危険水位を上回る所定の水位に3時間先までに到達することが見込まれる場合（令和4年出水期から） | いつ氾濫してもおかしくない状態<br>避難等の氾濫発生に対する対応を求める段階（警戒レベル4相当） |
| 〇〇川氾濫警戒情報（洪水警報）  | ・一定時間後に氾濫危険水位に到達することが見込まれる場合<br>・避難判断水位に到達し、さらに水位の上昇が見込まれる場合    | 避難準備などの氾濫発生に対する警戒を求める段階（警戒レベル3相当）                 |
| 〇〇川氾濫注意情報（洪水注意報） | 氾濫注意水位に到達し、さらに水位の上昇が見込まれる場合                                     | 氾濫の発生にに対する注意を求める段階（警戒レベル2相当）                      |
| なし               |                                                                 | 水防団待機水位（警戒レベル1相当）                                 |

出典：気象庁ホームページ

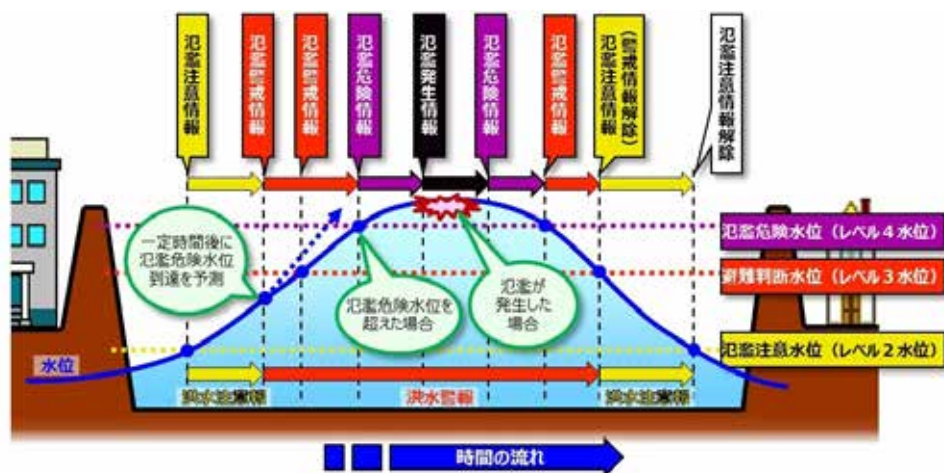


図1 指定河川洪水予報の時間の流れ

出典：気象庁ホームページ

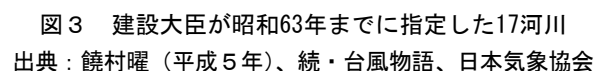
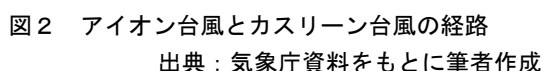


なお、気象庁は国土交通省の外局ですが、指定河川洪水予報については、法律上別組織扱いとなっています。

指定河川洪水予報が始まったきっかけは、昭和22年9月15日夜に房総半島南端をかすめたカスリーン台風です。勢力の割には大雨をもたらした、関東地方や東北地方に甚大な浸水被害をもたらした台風です。群馬県や埼玉県秩父地方では山崩れ等で多くの方が亡くなり、利根川の堤防が決壊したため、埼玉県から東京都の広い範囲で洪水被害が発生しました。関東・東北・北海道の被害は、死者・行方不明者1910名、浸水家屋38万4743棟、罹災者は164万人を超えました（表2）。カスリーン台風の大雨による堤防の決壊は、明治政府以来、もっとも治水に力を入れてきた河川の決壊であり、その後の治水策に大きな影響を与えました。翌23年には、中央气象台（現在の気象庁）、建設省（現在の国土交通省）、地方自治体等の機関によって利根川洪水予報連絡会ができています。そして、カスリーン台風と良く似たコースを通過して東日本から東北地方を襲ったよく23年9月のアイオン台風では、北上川が決壊するなど、東北地

|     | 罹災者       | 死者    | 不明者  | 倒壊・流出 | 浸水家屋     |
|-----|-----------|-------|------|-------|----------|
| 群馬県 | 22万1682名  | 420名  | 288名 | 3654棟 | 6万7239棟  |
| 栃木県 | 21万4895名  | 361名  | 76名  | 2249棟 | 4万4610棟  |
| 埼玉県 | 43万3000名  | 102名  | 407名 | 1863棟 | 7万3855棟  |
| 茨城県 | 未記載       | 66名   | 8名   | 411棟  | 2万1771棟  |
| 岩手県 | 15万4635名  | 45名   | 43名  | 696棟  | 2万9265棟  |
| 宮城県 | 15万256名   | 20名   | 10名  | 209棟  | 2万9472棟  |
| 東京都 | 32万4991名  | 6名    | 1名   | 56棟   | 7万6703棟  |
| …   | …         | …     | …    | …     | …        |
| 合計  | 164万2571名 | 1057名 | 853名 | 9298棟 | 38万4743棟 |

方を中心に死者・行方不明者838名などの被害が発生しましたが、中央气象台の情報を受け、建設省が利根川と荒川の出水予報が行われました（図2）。その結果、関東地方の被害が最小限に食い止められたことから、この方法を拡充し、制度を整備して昭和37年までに国管理の17河川が対象となりましたが、それ以後はしばらく増えていません（図3）。これは、17河川が、流域面積の大き



い河川で、上流域での降水から下流域での出水までに時間がかかるため、洪水予報が比較的行いやすかったのですが、それ以外の河川は、比較的規模が小さく、降水から出水までの時間が短いため予報が難しかったからです。

### 3. 多摩川堤防決壊と岸辺のアルバム

昭和40年代になると、大河川の堤防整備が進み、それまで多かった大河川の堤防が破堤する外水洪水が減少し、中小河川の堤防決壊が問題となってきました。また、都市型水害とも言われる排水が間に合わない内水洪水が増える傾向にありました。そんな中、昭和49年8月30～31日に台風16号による豪雨により、東京都狛江市の多摩川堤防が決壊し、家屋19戸が流されています。このような中規模の河川で発生する洪水が大きな問題となり、題材となったTBSドラマ「岸辺のアルバム」が高視聴率を出しています。このため、建設省は国が管理する一級河川について、河川管理システムを整備し、気象庁は降水短時間予報などの予測技術の向上を図って「指定河川洪水予報」を拡大することとしました。昭和63年4月20日には多摩川が

18番目の洪水予報指定河川となり、その他の河川も順次洪水予報指定河川となっています。

現在では、国管理の全国109水系すべてで実施となっています。また、平成14年から都道府県が管理する河川（二級河川）についても、準備の整ったところから始まっています。

### 4. 流域雨量指数

指定河川洪水予報や気象庁が発表する洪水警報・注意報は、平成20年からは、その場所で降る雨量規準に加え、流域雨量指数も用いています。この指数は、対象区域内の洪水の危険度を最も効果的に判断できる河川に対して設定しているもので、河川の上流域に降った雨により、どれだけ下流の対象地点の洪水危険度が高まるかを把握するための指標です。全国の約20,000河川を対象に、河川流域を1km四方の格子に分けて、降った雨水が、地表面や地中を通して時間をかけて河川に流れ出し、さらに河川に沿って流れ下る量を、タンクモデルや運動方程式を用いて数値化したものです（図4）。河川の上流域に降った雨水は、都市では地表面から急速な流出が起きますが、非都

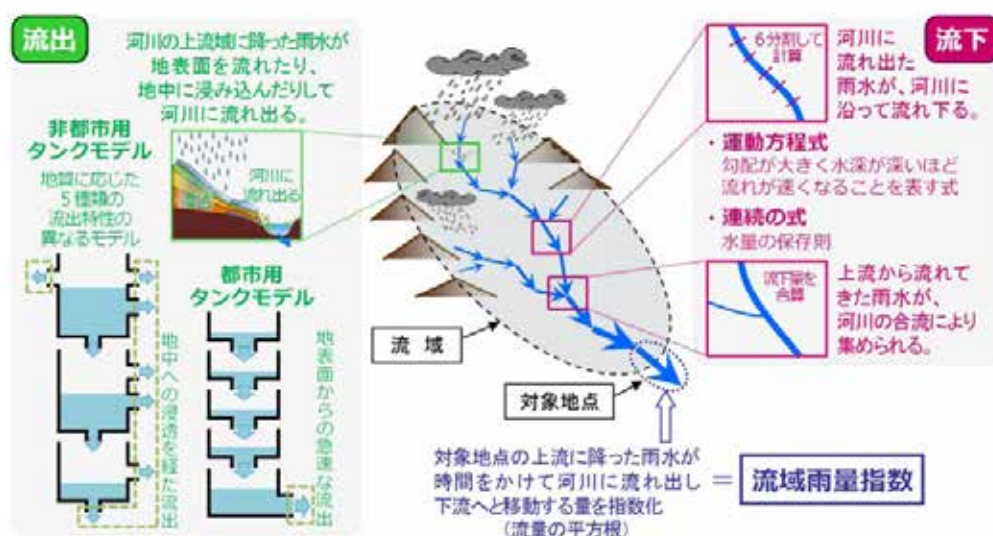
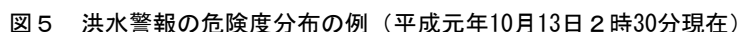


図4 流域雨量指数の説明図

出典：気象庁ホームページ

流域雨量指数そのものは相対的な洪水危険度を示した指標ですが、流域雨量指数を洪水警報等の基準値と比較することで洪水災害発生の危険度（重大な洪水災害が発生するおそれがあるかどうかなど）を判断することができます。この洪水警報等の基準値は、過去の洪水災害発生時の流域雨

平成元年の台風19号（東日本台風）は、10月12日19時前に大型で強い勢力で伊豆半島に上陸・関東地方を通過したため、東日本を中心に暴風と大雨となりました。10日から13日までの総降水量は神奈川県箱根で1000ミリに達し、静岡、神奈川、東京、埼玉、群馬、山梨、長野、茨城、栃木、新潟、福島、宮城、岩手の1都12県に大雨特別警報が発表となりました。図5はこのときの洪水警報の危険度分布ですが、二重線が指定河川です。



消防防災の科学

## 雲仙岳災害記念館（がまだすドーム）の リニューアルについて

雲仙岳災害記念館館長 杉 本 伸 一

### 1. リニューアルの経緯

平成2年から平成7年の5年間におよぶ雲仙普賢岳の噴火活動は、火砕流、土石流といった災害が人家の密集地帯に押し寄せてきたのが、大きな特徴である。この雲仙普賢岳の噴火災害においては、火山の脅威、災害に立ち向かった人々の姿、火山との共生、そして全国から寄せられた温かい支援など、様々な教訓が得られた。これらを風化させることなく後世へ伝えていく施設として、「雲仙岳災害記念館」は平成14年7月1日にオープンした。

雲仙岳災害記念館を運営する雲仙岳災害記念財団は、記念館の運営を通じて、雲仙普賢岳噴火災害の体験と教訓を伝承し、火山関係資源を活用した地域振興という役割を担っている。このようなことから、毎年6月3日の「祈りの灯」や、各種企画展、防災について学べる体験プログラムなど、様々な取り組みを行ってきた。しかし、開館当初年間38万人を数えた入館者も、平成26年度からは10万人を下回る厳しい状況が続いていた。

このような状況を打破するために、各種調査を行い、関係団体と検討を行った結果、展示施設の魅力向上や充実を図る必要があるとの結論に至り、平成30年にリニューアルに取り組み、4月1日にリニューアルオープンした。

### 2. リニューアルの内容

今回のリニューアルでは、展示造作を請け負った展示業者と当館を運営する財団、施設管理者である長崎県が、内容を協議しながら行った。展示内容については、雲仙普賢岳の噴火災害に留まらず、最近の火山や地震など、防災に役立つ情報も加え、将来の災害に役立てることができる内容を加えた。

また、展示手法についても、ドローン映像やプロジェクションマッピングなど最新技術を活用しながら、見せるだけのパネル展示ではなく、見て、触れて、感じられる体験的な展示を取り入れた。

なお今回のリニューアルの事業費は4億円で、その内訳は、展示工事費3億1千5百万円、建築工事費5千万円、設備工事費2千6百万円、その他費用が9百万円となっている。

以下に主なリニューアルの内容について紹介する。

#### （1）平成噴火ジオラママッピング

1990年（平成2年）に始まる一連の雲仙普賢岳の平成噴火を、既存の立体ジオラマへ映像投影する「プロジェクションマッピング手法」で分かりやすく紹介している。既存の展示では、ジオラマに赤い光を当てて、被害範囲を表示していたが、リニューアルでは噴火において火砕流や土石流が



日ごとにどのように流れたかを、空間的に把握できるようになった。当時の噴火記録が、詳しく残っているので、その資料をもとに火砕流の流れ方の特徴や、実際の被害範囲などを表示することができた。



写真1 平成ジオラママッピング

## （２）雲仙岳スカイウォーク

床面に映し出された直径４メートルの大型円形ビジョンは、空中散歩をしているような体験ができるコーナーである。雲仙普賢岳の噴火に関する場所を、上空から撮影したドローン映像を使って紹介している。特に、普段入城ができない平成新山の映像は、溶岩ドームの様子や立ち込める噴気に、火山の脅威と生きている地球を感じることができる。そのほかにも、登山道のない赤松谷では、土石流の発生源となっている沢などの貴重な映像が楽しめる。



写真2 雲仙岳スカイウォーク

## （３）災害までの経緯～その時何が

噴火の開始から43名の犠牲者が出た平成3年6月3日まで、災害の経緯を時系列の写真で追いながら、そこに住む人々や防災関係者などが、噴火活動をどのように受け止め、また感じていたかを紹介するコーナーである。自然現象は止められないが、火山に対する意識や避難をどのように考えていたかなど、将来の災害に備える上で体験が生かされる重要な展示コーナーである。当時の体験者から聞き取り調査を行い、その時々思いが伝わるように体験談を入れてある。



写真3 災害までの経緯

## （４）大噴火シアター

これまで記念館展示の中でも特にお客様から高い評価をいただいていたのが、「大噴火シアター」で、火砕流・土石流の体験映像が直径14メートルのドーム型スクリーンで再現される。今回、映像をフィルム上映から高精細デジタル映像（4K）に変更し、さらに新しい3つのコンテンツを加えリニューアルした。

従来の展示では、映像と連動して床が動き、吹き出す熱風とともに、災害を疑似体験することができた。今回、床の動きと熱風を取りやめることにより、安全上の入場制限で入れなかった小さな子どもも入場できるようになった。さらに、座席数を増やしたことで、多人数の修学旅行にも対応できるようになった。

また、既存映像のデジタル化とともに、「島原



半島のなりたち」、「その時何が」、「未来へ」の3種類の映像が新たに加わり、島原半島と火山との関わりや共存していく姿をより深く理解できるようになった。

「その時何が」は、災害当日の報道関係者や消防団、住民、タクシー運転手、警察官など犠牲にあった人たちが、どのように災害にあったのかを、当時生還した方々からの体験談をもとに再現したドラマである。

また、「未来へ」は、雲仙普賢岳の災害からの復興をイメージさせるもので、未曾有の災害を受け大きな被害を蒙りながらも、自分たちの愛するふるさとをもう一度再生させ、次の世代を担う子供たちへその思いを引き継ぐために懸命に努力する市民の姿を描いている。



写真4 平成大噴火シアター

#### (5) 火山科学コーナー

雲仙岳の噴火だけではなく、他の火山や防災についても学べるコーナーとして、火山科学のコーナーが新設された。内容は、「噴火の種類」や「日本の火山」、「世界の火山」、「火山クイズ」、「平成噴火映像アーカイブ」、「防災について」である。これらはタッチパネル式の映像展示で、火山科学に関することを様々な体験装置で学習することができる。



写真5 火山科学コーナー

#### (6) 火山の恵みコーナー

火山と人間の共生をテーマに、災害という負の側面だけではなく、火山の恵みというプラスの側面を紹介するコーナーである。火山は恐ろしい噴火や火砕流などで、私たちに多くの災害をもたらすが、同時に火山は温泉や湧水、郷土の文化や食など大地の恵みももたらしている。そのような大地の恵みについて映像アトラクション装置を使って紹介している。



写真6 火山の恵みコーナー

#### (7) その他

今回のリニューアルに際して新設されたものとして、ワンダーラボがある。科学や火山、ジオパーク、防災など様々なことについて、実験や体験プログラムを通じて、一人ひとりが幅広く学習する実験・ワークショップスペースである。さらに、島原半島ユネスコ世界ジオパークにちなんで、

地球の力や雲仙火山の魅力について、遊具を通して身体全体で楽しみ、感じ、学ぶ体験アトラクションゾーンとして「こどもジオパーク」が新設された。



写真7 保存整備された定点周辺

### 3. フィールドミュージアムとして

リニューアルを機に、島原半島ジオパーク推進協議会や島原半島観光連盟と連携し、災害遺構などを活用した事業にも取り組んでいる。

今回の噴火災害の被災地においては、多くの災害遺構が保存整備されている。土石流災害のすさ

まじさとその教訓を後世に継承し防災の重要性を伝える土石流被災家屋保存公園、噴火災害で傷ついた自然環境の復元を観察する平成新山ネイチャーセンター、火砕流で焼失した旧大野木場小学校被災校舎や砂防工事の監視所である大野木場砂防みらい館、多くの消防団が犠牲となった北上木場農業研修所跡などである。

フィールドミュージアムとしての考え方は、雲仙岳災害記念をコア・ミュージアムとして、ジオパークの見どころである平成新山の景色や火山災害の遺構、火山関係の施設や各種の防災施設などを、まるごと一つの野外博物館（フィールドミュージアム）としてとらえ、火山の驚異と自然の営みを学習するものである。

さらに、雲仙普賢岳噴火に伴う1991年6月3日の大火砕流で多くの尊い命が失なわれてから30年を機に、昨年6月、報道関係者が撮影拠点とし、多くの犠牲者が出た「定点」呼ばれる場所が、災害遺構として整備保存された。

災害遺構は整備することが目的ではなく、いかに活用するかであり、災害記念館としては、災害遺構を活用し、雲仙普賢岳の災害教訓を未来に活かしていきたいと考えている。

## 編集後記

○ 本号では、「火山噴火災害に備える」をテーマに特集を組みました。

最近、我が国においては地震や火山噴火が頻発しています。どうも、今から11年前の東日本大震災の前後から、地震活動が活発になっており、それに伴い火山活動も活発になってきているという話を耳にしました。

わが国では、この話と同じようなことが平安時代に起きているようです。

869年（貞観11年）に、三陸沖で津波を伴った巨大地震（貞観地震）が発生しており、この巨大地震の前後で火山の噴火が活発になり、富士山の青木ヶ原樹海において溶岩流を噴出した貞観大噴火もあったそうです。また、西日本では、868年（貞観10年）に播磨地震（山崎断層を震源とする地震）、887年に南海トラフ巨大地震と推定される大地震（仁和地震）が起こっており、この時代に多くの地震や火山噴火が起きていた模様です。

現在は、平安時代の大昔と同じように、地震や火山活動が活発な時代に入っているのかもしれないかもしれません。大地震や火山噴火には周期があるよ

うですので、非常に気にかかるところです。

○ 本年1月15日（土）に、南太平洋のトンガ諸島で海底火山の大規模な噴火が発生し、トンガから約8000km離れた日本でも最大1.2mの津波が観測され、気象庁からも津波警報が発表されるなど大きな話題となったところです。

今回の津波は、噴火で発生した空振で海面が押されたことにより津波が発生した可能性があり、地震で発生する通常の津波とは異なるメカニズムで、通常の地震による津波の到達予想時間より2時間ほど早く日本へ到達したということで注目されたところですが、自然災害においても、これまでとは違った予想もつかないような新しい時代へと入ってしまったような気がします。

ともかく、日本は世界有数の火山国であり、海域付近に存在する火山も少なくないため、今後、大規模な火山噴火が発生する可能性が十分にありますので、今からそれに備えておく必要があることがよくわかりました。

〔本誌から転載される場合にはご連絡願います。〕

## 季刊「消防防災の科学」 No. 148 2022. 春季号

発行 令和4年4月30日

発行人 荒川 敦

発行所 一般財団法人 消防防災科学センター

〒181-0005 東京都三鷹市中原三丁目14番1号

電話 0422 (49) 1113 代表

ホームページ URL <https://www.isad.or.jp>